

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - CÂMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA**

**MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO  
E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NA CULTURA DO  
MILHETO**

Autor: Colemar Antonio José Neto

Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde - Área de Concentração Ciências Agrárias.

RIO VERDE – GO  
Agosto– 2013

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO  
E RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS NA  
CULTURA DO MILHETO**

Autor: Colemar Antonio José Neto  
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 30 de agosto de 2013.

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lucilene Tavares Medeiros  
*Avaliadora externa*  
UniRV/Rio Verde

Prof. Dr. José Milton Alves  
*Avaliador interno*  
IF Goiano – Câmpus Rio Verde

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie  
*Presidente da banca*  
IF Goiano – Câmpus Rio Verde

**DEDICO ESTE TRABALHO**

À minha Família, que sempre esteve ao meu lado dando força, carinho, solidariedade e, sobretudo, pelo amor incondicional. Aos mestres que souberam ensinar e guiar na direção correta para que esse crescimento fosse possível. Àqueles que nos inspiram e nos fazem sempre querer prosseguir e melhorar.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Luiz Souchie, pelo incentivo, pela compreensão, pelo profissionalismo, sabendo exercer de maneira preciosa sua função de professor e orientador. Além do mais, um amigo que jamais esquecerei.

Agradeço a Deus, por todas as coisas boas que vivi e conquistei até agora, mas peço a ele para me dar sabedoria para conquistar muito mais.

Aos meus familiares: Lásara de Lourdes Santos José (mãe), Mariana Ribeiro dos Santos (Avó), Antonio José Neto (Pai), Mariana José Ribeiro (Irmã), Maria Juliana Ribeiro Lacerda (Prima), que nos deram a vida e nos ensinaram a vivê-la com dignidade, que iluminaram os caminhos obscuros com afeto e dedicação para que os trilhássemos sem medo e cheios de esperanças.

À Karolline Alves Rodrigues, minha querida noiva pela paciência, compreensão e amor fornecido a mim durante essa etapa da minha vida.

Aos meus companheiros de pesquisa: Isabel Cristina (Bel), Tiago Moreira, Juliana Cabral, Antonio Ricardo Ceribele, Maria Gabriela Ceribeli, Luiz Carlos Ramos, Nulciene, Máira Paixão, Arthur Araújo, Tiago Rodrigo Gonçalves Barroso, Moacir, Liliane, Thaís, Paula, Cíntia, Vaneça, enfim a todos da “toca dos gatos” e muitos outros que se tornou um dos meus melhores amigos, e que sem sua ajuda eu não estaria concluindo hoje esta etapa.

Ao CNPq e CAPES, pela bolsa concedida.

A todos os docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Colemar Antonio José Neto, natural de Rio Verde – GO, filho de Antonio José Neto e Lásara de Lourdes Santos José, graduado em Engenharia Agrônômica – Bacharel em Agronomia pela UniRV – Universidade de Rio Verde. Em julho de 2011, iniciou seu Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do IF Goiano – Câmpus Rio Verde, concluindo-o em agosto de 2013.

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE TABELAS .....	<b>V</b>
ÍNDICE DE FIGURAS .....	<b>VII</b>
RESUMO .....	<b>8</b>
INTRODUÇÃO .....	<b>10</b>
CAPÍTULO I: RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS DO SUDOESTE GOIANO E MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS DE CÁLCIO E DE FERRO PARA A CULTURA DO MILHETO .....	<b>17</b>
MATERIAL E MÉTODOS.....	<b>22</b>
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	<b>25</b>
CONCLUSÕES .....	<b>28</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<b>29</b>
CÁPITULO II: MILHETO CULTIVADO EM CAMPO, FERTILIZADO COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E INOCULADO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS .....	<b>30</b>
MATERIAL E MÉTODOS .....	<b>39</b>
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	<b>42</b>
CONCLUSÕES .....	<b>55</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> Análise química dos teores de nutrientes e pH de torta de filtro e cama-de-frango dejetado pastoso de suíno .....	<b>23</b>
<b>Tabela 2</b> População de fungos (FSF) e bactérias (BSF) solubilizadoras de CaHPO <sub>4</sub> na rizosfera de milho, cultivado em solo com resíduos agroindustriais.....	<b>26</b>
<b>Tabela 3</b> Quantificação da solubilização de FePO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> ) por isolados bacterianos e fúngicos inoculados em meio GELP líquido enriquecido com FePO <sub>4</sub> .....	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>Tabela 1</b> Biomassa seca de parte aérea e estimativa de produtividade de palhada de milho inoculado com bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de fosfato e fertilizado com torta de filtro, Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	<b>44</b>
<b>Tabela 2</b> Biomassa seca de parte aérea e estimativa de produtividade de palhada de milho inoculado com bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de fosfato e fertilizado com cama-de-frango, Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	<b>44</b>
<b>Tabela 3</b> Densidade de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	<b>46</b>
<b>Tabela 4</b> Densidade de fungos solubilizadores de fosfato (FSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz -	

	Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	47
<b>Tabela 5</b>	Densidade de fungos totais recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	47
<b>Tabela 6</b>	Densidade de fungos totais recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	48
<b>Tabela 7</b>	Densidade de fungos solubilizadores de fosfato (FSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de dejetos suíno e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	49
<b>Tabela 8</b>	Densidade de fungos totais recuperada de solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de dejetos suíno e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	49
<b>Tabela 9</b>	Densidade de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	50
<b>Tabela 10</b>	Densidade de fungos totais recuperada de solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	51
<b>Tabela 11</b>	Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	51
<b>Tabela 12</b>	Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses	



	crecentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	52
<b>Tabela 13</b>	Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com dejetos suínos e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	53
<b>Tabela 14</b>	Percentual de colonização micorrízica em raízes de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de dejetos suínos e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	54
<b>Tabela 15</b>	Análise química do solo antes da instalação dos experimentos de milho e após sua colheita, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1</b>	Solo e cama-de-frango (A até F) e torta de filtro (G e H), na proporção 1:1 (v/v), antes da semeadura de milho na Fazenda São Tomaz – Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	25
<b>Figura 2</b>	Planta de milho cultivada em solo com resíduos agroindustriais sendo colhida no IF Goiano – Câmpus Rio Verde para isolamento de BSF e FSF de sua rizosfera.....	25
<b>Figura 3</b>	UFC de bactérias e fungos solubilizadores de fosfatos em placa de Petri contendo meio GELP adicionado de $\text{CaHPO}_4$ , isoladas da rizosfera de milho, cultivado em vasos com resíduos agroindustriais, no IF Goiano – Câmpus Rio Verde.....	26

### CAPÍTULO II

<b>Figura 1</b>	Etapas da inoculação de sementes de milho: A) Inoculante de BSF e FSF; B) Mistura de inoculante de BSF e FSF; C) Coleta de inoculante de BSF; D) Coleta de inoculante de FSF; E) Inoculação das sementes de milho; F) Homogeneização do inoculante em sementes de milho.....	41
-----------------	--	----

<b>Figura 2</b>	UFC de BSF em meio GELP sólido (A); Sementes de milho inoculadas e prontas para semeadura (B); Semeadura manual do milho (ADR 300) em sulcos de semeadura de área de plantio direto, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO (C e D).....	42
<b>Figura 3</b>	Esporos de FMA extraídos de 50g de solo na colheita dos experimentos de milho em campo, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.....	52

## RESUMO GERAL

A solubilização de fosfatos por microrganismos é uma habilidade estratégica para a agricultura brasileira, o que favorece a disponibilização do P inorgânico às plantas. Também, é crescente o interesse no uso de resíduos orgânicos agroindustriais, como alternativa para minimizar a dependência aos fertilizantes químicos, já que o custo destes últimos é sempre elevado. A cultura do milheto (*Pennisetum glaucum*) é muito utilizada para pastagem, produção de grãos e de palhada (adubo verde). É originária da África e possui fácil adaptabilidade para qualquer região. Com este trabalho, objetivou-se: 1) selecionar os resíduos agroindustriais mais abundantes e de fácil aquisição no Sudoeste Goiano e identificar a recomendação usual de cada resíduo; 2) isolar e selecionar bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de  $\text{CaHPO}_4$  e  $\text{FePO}_4$ , a partir da rizosfera de milheto; 3) avaliar, em campo, a influência da aplicação de resíduos agroindustriais e da inoculação de BSF e FSF na cultura do milheto; 4) quantificar a colonização micorrízica e a esporulação de fungos micorrízicos arbusculares nos experimentos de milheto em campo. Na primeira etapa, para o isolamento de BSF e FSF, o milheto foi semeado em vasos contendo solo e cada resíduo agroindustrial (dejeito pastoso de suíno, torta de filtro e cama-de-frango), na proporção 1:1 (v/v). Após 45 dias, as plantas foram colhidas e, utilizando diluições sucessivas até  $10^{-5}$ , plaqueamento em triplicata, com meio PVK e incubação, a 28 °C, para obtenção dos respectivos isolados bacterianos e fúngicos. Na sequência, os isolados de BSF e FSF capazes de solubilizar  $\text{CaHPO}_4$  em meio sólido, foram avaliados quanto ao potencial de solubilização de  $\text{FePO}_4$  em meio GELP líquido. Na segunda etapa, em campo, foram implantados três experimentos com milheto, cada um testando-se um tipo de resíduo agroindustrial. Cada experimento foi instalado em delineamento em blocos ao acaso, esquema fatorial 3 x 3 (três doses para cada resíduo: 0, 40 e 45  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de dejeito pastoso de suíno; 0, 3 e 6  $\text{Mg ha}^{-1}$  de torta de filtro e de cama-de-frango e três inoculantes de solubilizadores de P: BSF (TFB3), FSF (CFF5), e TFB3 + CFF5 na concentração de  $2,0 \times 10^8 \text{ UFC mL}^{-1}$ ), com quatro repetições. Em cada experimento, o plantio foi feito manualmente, em linhas, em área de plantio direto, utilizando o espaçamento de 50 cm entre linhas. Foram utilizadas 28 sementes por metro linear. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com 20 mL  $\text{kg de semente}^{-1}$  do inoculante líquido de cada isolado. Em cada experimento, 15 dias após a emergência, os resíduos foram lançados

manualmente na superfície do solo. Cento e vinte e dois dias após a emergência, foi feita a colheita manual das três linhas centrais de cada parcela, descartando-se as plantas situadas a 1 m das extremidades da mesma, sendo avaliadas: biomassa seca de parte aérea, densidade de BSF e FSF rizosféricos, percentual de colonização micorrízica das raízes de milho e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. Na primeira etapa, dentre os resíduos agroindustriais produzidos no Sudoeste Goiano, dejetos pastosos de suíno, torta de filtro e cama-de-frango foram os escolhidos pela sua maior facilidade de aquisição e alta disponibilidade. Foram obtidos quatro isolados de FSF e seis de BSF capazes de solubilizar  $\text{CaHPO}_4$  em meio sólido. Já em meio líquido, para a solubilização de  $\text{FePO}_4$ , foi verificado maior potencial para os isolados bacterianos TFB2, TFB3 e DSB8, comparado aos isolados fúngicos. Na segunda etapa, para todas as avaliações, exceto densidade de esporos de FMA, o tratamento controle superou aos demais.

**Palavras-chave:** dejetos pastosos de suíno, cama-de-frango, torta de filtro, solubilização de fosfatos, organismos rizosféricos.

## GENERAL ABSTRACT

Phosphate (P) solubilization by microorganisms is a strategic mechanism for Brazilian agriculture. It improves the inorganic P availability to plants. Also, there is growing interest in the use of agro-industrial organic wastes as alternative to decrease dependence on chemical fertilizers, since their cost is always high. The millet (*Pennisetum glaucum*) crop is widely used for pasture, grain and straw (green manure) production. Its origin is African and has easy adaptability to any region. This work aimed: 1) screening agro-industrial wastes most abundant at Goiano Southwest and identify the usual recommendation for each residue; 2) isolate and select bacteria (PSB) and P-solubilizing fungi (PSF) of  $\text{CaHPO}_4$  and  $\text{FePO}_4$  from the millet rhizosphere; 3) evaluate the influence of the application of agro-industrial waste as soon as the PSB and PSF inoculation in millet crop under field conditions; 4) quantify root colonization and the sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on field trials with millet. In the first step, to isolate PSB and PSF, millet was sown in pots containing soil and each agro-industrial waste (swine manure, sugarcane filter cake and poultry litter) at 1:1 (v/v) proportion. After 45 days, the plants were harvested and using successive dilution till  $10^{-5}$ , plating in triplicate with PVK medium and incubation (28 °C), the bacteria and fungi isolates were obtained. After, the PSB and PSF isolates able to solubilize  $\text{CaHPO}_4$  in solid medium were evaluated in relation to their potential to solubilize  $\text{FePO}_4$  in GELP liquid medium. On second stage, under field conditions, three experiments were carried out with millet to test each agro-industrial waste. Each experiment were planted in a completely randomized blocks, factorial scheme 3 x 3 (three waste doses: 0, 40 and 45  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  of swine manure; 0, 3 and 6  $\text{Mg ha}^{-1}$  of sugarcane filter cake or poultry litter and three P-solubilizing inoculants: PSB (TFB3), PSF (CFF5) and TFB3 + CFF5 at  $2.0 \times 10^8 \text{ CFU mL}^{-1}$ ), with four replicates. In all experiments the sown were carried out manually, in lines, in area of direct sowing system using the spacing of 50 cm between rows. Twenty eight seeds by linear meter were sown. Before sown, the seeds were inoculated with 20 mL  $\text{kg}^{-1}$  of seeds of liquid inoculant of each isolate. Each experiment, 15 days after emergence, the agro-industrial wastes were applied manually on soil surface. One hundred twenty two days after emergence, the manual harvest was made on three central lines of each parcel. Plants located at 1 m from the ends of the plot were discarded. At harvest, the shoot dry matter, PSB and PSF densities, percentage of AMF colonization on millet roots and AMF spore density were measured.

On first stage, swine manure, sugarcane filter cake and poultry litter were chosen due to their acquisition facility and high availability at Goiano Southwest. Four PSF and six PSB isolates capable to solubilize  $\text{CaHPO}_4$  in solid medium were obtained. In liquid medium, to  $\text{FePO}_4$  solubilization, the highest P-solubilization potential was verified for the PSB TFB2, TFB3 and DSB8 comparing to PSF isolates. On second stage, the control treatment was the best for all characteristic evaluated less AMF spore density.

**Keywords:** swine manure, poultry litter, sugarcane filter cake, phosphate solubilization, rhizosphere microorganisms.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma tendência de subestimar os efeitos positivos do uso de fertilizantes e ampliar seus aspectos negativos, por exemplo, quanto aos impactos ambientais. Porém, os fertilizantes pouco contribuem para a contaminação de solos, comparados, por exemplo, à deposição de rejeitos urbanos em áreas agricultáveis ou à sucessiva aplicação de defensivos agrícolas. A perda de nutrientes dos solos para as águas superficiais e subterrâneas, principalmente nitratos por lixiviação e fosfatos, por erosão, ocorre mesmo se os fertilizantes não são usados. Obviamente, tal perda de nutrientes pode ser maximizada no caso do uso desequilibrado e excessivo de fertilizantes (IFA, 2005).

O fósforo (P) compõe os chamados elementos ricos em energia, sendo o exemplo mais comum a adenosina trifosfato (ATP), que é utilizada em todas as reações do metabolismo vegetal que exijam a utilização de energia. Plantas que crescem em níveis baixos de P desenvolvem mecanismos adaptativos, tais como alterações na morfologia e arquitetura do sistema radicular (Raghothama e Karthikeyan, 2005), bem como nas características fisiológicas das raízes (José et al., 2003). Sistemas radiculares com maior superfície de exploração do solo, comprimento e densidade geralmente

garantem uma alta eficiência de absorção de P, quando sua disponibilidade é baixa (Hu et al., 2010). Nas condições onde o P é baixo, a eficiência de absorção pelas plantas também pode ser melhorada por uma maior relação raiz/parte aérea (Machado e Furlani, 2004; Schenk, 2006). Eficiência de absorção de P pode até estar relacionada com uma maior taxa de absorção por unidade de comprimento de raiz ou massa (Dechassa et al., 2003).

O Brasil importa grande parte dos fertilizantes minerais. Visando diminuir essa dependência e otimizar sua utilização, o país deve atentar-se para alternativas de fertilização dos solos. Em muitas regiões, existe a possibilidade de aproveitamento de resíduos agroindustriais, que constituem opção estratégica, se utilizados de forma racional. O uso de esterco animal pode favorecer a infiltração e a absorção da água e aumentar a capacidade de troca de cátions dos solos (Hoffmann et al., 2001). Entre outros atributos, ressalta-se a redução na capacidade máxima de adsorção de P (Souza et al., 2006). A título de exemplo, a produção de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], no Brasil, é muitas vezes limitada pelos altos custos de produção e, dentre os insumos, os fertilizantes são os mais onerosos, com participação da ordem de 23 a 27% no custo total de produção (Castro et al., 2006; Menegatti e Barros, 2007).

O aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental aumentam a demanda por pesquisas que avaliem a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos orgânicos agroindustriais (Melo et al., 2008).

Os nutrientes contidos nos resíduos orgânicos agroindustriais podem ter sua disponibilidade maximizada pela co-inoculação de bactérias (BSF) e fungos solubilizadores de fosfato (FSF) rizosféricos. Tais microrganismos podem incrementar a disponibilização de P às plantas, seja pela mineralização do P orgânico ou solubilização do P mineral (Soucie et al., 2006; Araujo, 2008) e apresentam potencial de uso na forma de inoculante. Estudos realizados por Rosas et al. (2006) indicaram que a dupla inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (fixador de N) e *Pseudomonas putida* (solubilizador de P) em plantios de soja aumentou o número e a massa seca dos nódulos radiculares. Vários autores relatam a capacidade de isolados fúngicos, principalmente dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, de solubilizarem fosfatos sob condições *in vitro* (Seshadri et al., 2004; Wakelin et al., 2004). Essa capacidade está geralmente associada à liberação de ácidos orgânicos e diminuição do pH do meio (Seshadri et al., 2004). A maioria dos autores relata que a solubilização de fosfatos é correlacionada com a habilidade de produção de ácidos orgânicos, dentre eles o ácido indol acético (auxina) e,



ou polissacarídeos extracelulares pelos microrganismos. Dentre os microrganismos de solo benéficos aos vegetais, também estão os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que se destacam por suas associações simbióticas com as raízes de, pelo menos, 80% da espécies vegetais. A associação com FMA tem importante papel nutricional para os vegetais, pois contribui para o aumento da absorção de nutrientes, favorece a colonização de outros microrganismos benéficos (fixadores de nitrogênio e solubilizadores de fosfatos), ameniza os efeitos de mudanças de pH, concentração de metais pesados, incrementa a tolerância a estresses e fitotoxidez, reduz danos causados por patógenos, favorece a agregação do solo e produção de substâncias bioativas (Moreira e Siqueira, 2006; Siqueira et al., 2007).

Uma das culturas de interesse agrônômico no Sudoeste Goiano é o milheto (*Pennisetum glaucum*). Muitos autores recomendam o uso desta cultura para recuperação de pastagens e de áreas degradadas, além de fornecimento de palhada, como reposição de nutrientes para as culturas anuais. A cultura do milheto, antes restrita às regiões Sul e Nordeste, se expandiu também para a região Centro-Oeste onde inicialmente foi utilizada como cobertura vegetal, no plantio direto. Além dessa tecnologia, o milheto possibilita a rotação entre produção de grãos e produção animal e constitui-se em uma das culturas que favorece a integração agricultura x pecuária. Neste tipo de manejo, o milheto, normalmente é semeado após a colheita da cultura de verão, principalmente da soja, sendo denominada cultura de safrinha. O milheto, assim implantado, pode ser usado para pastejo durante o outono e posterior dessecação da rebrota para viabilizar o plantio direto, ou ser conduzido para produção de grãos, em substituição ao milho, que é uma cultura mais exigente em termos nutricionais, portanto, de maior risco para a safrinha. Outra possibilidade é a utilização do milheto, na forma de silagem (Bergamaschine et al., 2011). A rápida expansão do cultivo de milheto no Brasil, principalmente na região do Cerrado, é atribuída à sua fácil instalação e adaptação às condições desfavoráveis de cultivo, destacando-se: tolerância à seca, crescimento rápido e maior capacidade de ciclagem de nutrientes, alta produção de biomassa, boa adaptação a diferentes níveis de fertilidade do solo, sistema radicular profundo e abundante, facilidade de mecanização, alta resistência às pragas e doenças, facilidade de produção de sementes e aproveitamento para pecuária, decorrente da boa qualidade e elevada produção de forragem (Teixeira et al., 2005). Recentemente, a Embrapa Arroz e Feijão, em trabalho conjunto com pecuaristas de Goiás, têm obtido bons resultados com o uso desta cultura na recuperação de pastagens degradadas.

Igualmente, o milheto tem sido recomendado pela Embrapa Gado de Corte, para a produção de forragem (Mattos, 2003). Kliemann et al. (2006) relatam que o milheto é um exemplo clássico de planta de cobertura que atende a essa premissa, já que possui relação C:N de 30 ou mais, nas fases de emborrachamento e florescimento. Entretanto, o manejo do milheto nos diversos estádios fenológicos e antecedendo a cultura de verão, ainda é pouco estudado (Carpim et al., 2008). Apesar do cultivo de milheto no Brasil ser focado principalmente na produção de palhada, a introdução de genótipos selecionados também para a produção de grãos, com baixo custo, pode propiciar renda adicional ao produtor (Pimentel et al., 2003), como é o caso da cultivar ADR 300.

O uso de resíduos agroindustriais, disponíveis no Sudoeste Goiano, associados à co-inoculação de BSF e, ou de FSF podem incrementar a produção de biomassa de milheto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, F. F. de. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, p. 456-462, 2008.

BERGAMASCHINE, A. F.; FREITAS, R. V. L.; FILHO, W. V. V.; BASTOS, J. F. P.; MELLO, S. Q. S.; CAMPOS, Z. R. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 40, p.154-159, 2011.

CARPIM, L. K.; ASSIS, R. L.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R.; PEREIRA, V. C.; GOMES, G. V.; SILVA, A. G. Liberação de nutrientes pela palhada de milheto em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2813-2819, 2008.

CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicaseiros no oeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1146-1153, 2006.

DECHASSA, N.; SCHENK, M. K.; CLAASSEN, N.; STEINGROBE, B. Phosphorus efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*), carrot (*Daucus carota* L.), and potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant and Soil**, v. 250, p. 215-224, 2003.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U. B.; MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, p. 263-275, 2001.

HU, Y.; YE, X.; SHI, L.; DUAN, H.; XU, F. Genotypic differences in root morphology and phosphorus uptake kinetics in *Brassica napus* under low phosphorus supply. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 889-901, 2010.

IFA (2005): **World Fertilizer Use Manual**, [www.fertilizer.org/ifa/publicat] acesso em 16/11/05.

JOSÉ, L.; ALFREDO, C.; LUIS, H. The role of nutrient availability in regulating root architecture. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, p. 280-287, 2003.

KLIEMANN, J. H.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 21-28. 2006.

MACHADO, C. T.; FURLANI, A. M. C. Kinetics of phosphorus uptake and root morphology of local and improved varieties of maize. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 69-76, 2004.

MATTOS, J. L. S. de. Gramíneas forrageiras anuais alternativas para a Região do Brasil Central. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 2, p. 52-70, 2003.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 101-110, 2008.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do

Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, p. 163-183, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras, UFLA, 2006. 625p.

PIMENTEL, C.; GERALDO, J.; COSTA, A. C. T.; PEREIRA, M. B.; MAGALHÃES, J. R. Traits of nitrogen use efficiency for the selection of *Pennisetum glaucum* in an environment of nutrient limitations. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 9, p. 111-116, 2003.

RAGHOTHAMA, K. G.; KARTHIKEYAN, A. S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, v. 274, p. 37-49, 2005.

ROSAS, S. B.; ANDRÉS, J. A.; ROVERA, M.; CORREA, S. N. Phosphate-solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the rizobia-legume symbiosis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 3502-3505, 2006.

SCHENK, M. K. Nutrient efficiency of vegetable crops. **Acta Horticulturae**, v. 700, p. 21-34, 2006.

SESHADRI, S.; IGNACIMUTHU, S.; LAKSHMINARASIMHAN, C. Effect of nitrogen and carbon sources on the inorganic phosphate solubilization by different *Aspergillus niger* strains. **Chemical Engineering Communications**, v. 191, p. 1043-1052, 2004.

SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Phosphate solubilization and synergism between P-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1405-1411, 2006.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 975-983, 2006.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. C.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto,

feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 93-99, 2005.

WAKELIN, S. A.; WARREN, R. A.; HARVEY, P. R.; RYDER, M. H. Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. closely associated with wheat roots. **Biology and Fertility of Soils**, v.40, p. 36-43, 2004.

### OBJETIVOS GERAIS

1. Selecionar os resíduos agroindustriais mais abundantes e de fácil aquisição no Sudoeste Goiano e identificar a recomendação usual de cada resíduo.
2. Isolar e selecionar bactérias e fungos solubilizadores de  $\text{CaHPO}_4$ , em meio sólido, a partir da rizosfera de milho.
3. Quantificar, em meio líquido, a capacidade de solubilização de  $\text{FePO}_4$  por isolados rizosféricos de milho solubilizadores de  $\text{CaHPO}_4$ .
4. Avaliar, em campo, a influência da aplicação de resíduos agroindustriais e da inoculação de BSF e FSF na cultura do milho.

5. Quantificar a colonização micorrízica e a esporulação de FMA nos experimentos de milho em campo.

## **CAPÍTULO I**

### **RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS DO SUDOESTE GOIANO E MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS DE CÁLCIO E DE FERRO PARA A CULTURA DO MILHETO**

**RESUMO** - A solubilização de fosfatos por microrganismos é uma habilidade estratégica para a agricultura brasileira, o que favorece a disponibilização do P inorgânico às plantas. Também, é crescente o interesse no uso de resíduos orgânicos agroindustriais, como alternativa para minimizar a dependência aos fertilizantes químicos, já que o custo destes últimos é sempre elevado. Com este trabalho, objetivou-se: 1) escolher resíduos agroindustriais mais abundantes e de fácil aquisição no Sudoeste Goiano e identificar a recomendação usual de cada resíduo; 2) isolar e selecionar bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de fosfatos de Ca e Fe, a partir da rizosfera de milho. Para o isolamento de BSF e FSF, o milho foi semeado em vasos contendo solo e cada resíduo agroindustrial (dejetos pastosos de suínos, torta de filtro ou cama-de-frango), na proporção 1:1 (v/v). Cento e vinte e dois dias após a emergência, as plantas foram colhidas e, utilizando diluições sucessivas até  $10^{-4}$ , foi feito o plaqueamento em triplicata, com meio GELP adicionado de  $\text{CaHPO}_4$  (10%) e incubação, a 28 °C, para obtenção dos respectivos isolados bacterianos e fúngicos. Na sequência, os isolados de BSF e FSF capazes de solubilizar  $\text{CaHPO}_4$ , em meio sólido, foram avaliados quanto ao potencial de solubilização de  $\text{FePO}_4$  em meio GELP líquido. Dentre os resíduos agroindustriais produzidos no Sudoeste Goiano, dejetos pastosos de suínos, torta de filtro e cama-de-frango foram os escolhidos pela sua maior facilidade de aquisição e alta disponibilidade. Foram obtidos quatro isolados de FSF e seis de BSF capazes de solubilizar  $\text{CaHPO}_4$  em meio sólido. Já em meio líquido, para a solubilização de  $\text{FePO}_4$ , foi verificado maior potencial para os isolados bacterianos TFB2, TFB3 e DSB8, comparado aos isolados fúngicos.

**Palavras-chave:** dejetos suínos, cama-de-frango, torta de filtro, solubilização de fosfatos, microrganismos rizosféricos.



**ABSTRACT**–Phosphate (P) solubilization by microorganisms is a strategic mechanism for Brazilian agriculture. It improves the inorganic P availability to plants. Also, there is growing interest in the use of agro-industrial organic wastes as alternative to decrease dependence on chemical fertilizers, since their cost is always high. This work aimed: 1) screening agro-industrial wastes most abundant at Goiano Southwest and identify the usual recommendation for each residue; 2) isolate and select bacteria (PSB) and P-solubilizing fungi (PSF) of  $\text{CaHPO}_4$  and  $\text{FePO}_4$  from the millet rhizosphere. To isolate PSB and PSF, millet was sown in pots containing soil and each agro-industrial waste (swine manure, sugarcane filter cake and poultry litter) at 1:1 (v/v) proportion. After 45 days, the plants were harvested and using successive dilution till  $10^{-5}$ , plating in triplicate with PVK medium and incubation (28 °C), the bacteria and fungi isolates were obtained. After, the PSF and PSF isolates able to solubilize  $\text{CaHPO}_4$  in solid medium were evaluated in relation to their potential to solubilize  $\text{FePO}_4$  in GELP liquid medium. Swine manure, sugarcane filter cake and poultry litter were chosen due to their acquisition facility and high availability at Goiano Southwest. Four PSF and six PSB isolates capable to solubilize  $\text{CaHPO}_4$  in solid medium were obtained. In liquid medium, to  $\text{FePO}_4$  solubilization, the highest P-solubilization potential was verified for the PSB TFB2, TFB3 and DSB8 comparing to PSF isolates

**Keywords:** swine manure, poultry litter, sugarcane filter cake, phosphate solubilization, rhizosphere microorganisms.

## INTRODUÇÃO

A prática do uso de resíduos agroindustriais na forma de adubos orgânicos é comum na agricultura, principalmente no Sudoeste Goiano onde a oferta destes resíduos é abundante. Campos (2006) e Galbiatti et al. (2011) observaram que a utilização de biofertilizantes promoveu maior crescimento de milho e rendimentos mais elevados em comparação à adubação mineral. Os resíduos agroindustriais estudados neste trabalho são abundantes, devido às indústrias instaladas e em funcionamento no Sudoeste Goiano, como a Brasil Foods (dejeito suíno e cama-de-frango) e usinas de álcool e açúcar (torta de filtro). A utilização frequente de adubos orgânicos contribui para o aumento dos estoques de matéria orgânica no solo (Valadão et al., 2011). A matéria orgânica caracteriza-se por apresentar baixa densidade (Celik et al., 2004) e capacidade de aumentar a estabilidade de agregados (Castro Filho et al., 1998), o que contribui para elevação da porosidade e melhoria na estrutura do solo (Barzegar et al., 2002). Por essa razão, favorece a maior disponibilidade e retenção de água no solo (Celik et al., 2004) e menor resistência à penetração das raízes (Mosaddeghi et al., 2009). Adorna et al. (2013) descrevem que torta de filtro é aplicada, principalmente, como adubo no sulco de plantio de cana-de-açúcar, no entanto, ainda há pouca informação sobre a capacidade de fornecimento de micronutrientes a partir deste resíduo. Ainda há poucos relatos que descrevem a torta de filtro como adubo orgânico.

A adição de fertilizante orgânico, obtido a partir de cama-de-frango, pode contribuir para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Valadão et al., 2011). Com a intensificação da produção de frango de corte, principalmente com aumento do índice de conversão alimentar e redução do tempo de criação, com a utilização de rações mais concentradas (Giroto e Mieli, 2004), o volume de resíduos gerados por essa atividade também aumentou. A cama-de-frango, mistura de palha com fezes das aves, restos de ração e penas, é rica em carbono (cerca de 39%) (Adeli et al., 2007) e nutrientes (Boateng et al., 2006; Adeli et al., 2007; Costa et al., 2009). Por geralmente estar disponível nas propriedades agrícolas a baixo custo, tem sido frequentemente utilizada pelos produtores na adubação. Muitos estudos têm sido feitos para demonstrar a viabilidade desse resíduo como fertilizante em culturas como sorgo (Santos et al., 2004), soja (Adeli et al., 2005), milho (Boateng et al., 2006) e algodão (Adeli et al., 2007). Embora os resultados sejam promissores, pouco se conhece sobre a influência desse resíduo sobre os atributos físicos do solo (Valadão et al., 2011).

Os dejetos de suínos são conhecidos por serem ricos em nutrientes principalmente em nitrogênio, fósforo e metais pesados como cobre, zinco e ferro. A princípio, os dejetos de suínos podem ser considerados condicionadores químicos do solo. Todavia, a concentração da aplicação em determinadas áreas pode torná-lo um problema, pois pode induzir ao desequilíbrio nas relações entre os nutrientes do solo para a maioria das culturas, bem como acúmulo de determinados metais pesados (Basso, 2005; Giroto et al., 2007). No entanto, deve-se evitar o uso excessivo de adubos orgânicos o que pode acarretar desenvolvimento vegetativo exuberante, dificultando as colheitas e o controle fitossanitário, entre outros aspectos (Trani et al., 2008). Muitos trabalhos utilizando dejetos de suínos como adubo orgânico, tiveram êxito em quantidade de matéria seca e produção de grãos em culturas anuais, hortaliças e em fruteiras.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma gramínea anual nativa da África. Possui características de alta tolerância e resistência à seca, com utilização eficiente da água para a produção de forragem e grãos (Alonso et al., 2012). Ela pode ser cultivada em solos arenosos e de baixa fertilidade, com precipitação média anual 200 mm (Tabosa et al., 1999). No Brasil, esta cultura é muito utilizada na forma de pastagem e palhada. Braz et al. (2004) relataram que, com 55 dias após a emergência, os nutrientes são migrados para os grãos, podendo diminuir o valor nutricional da palha como fonte de nutrientes (adubação verde). De acordo com Pereira Filho et al. (2005), o cultivo do milheto africano (*Pennisetum glaucum*) tem aumentado intensamente no Brasil, a ponto de ser, na atualidade, a cultura mais importante em termos de área na entressafra de verão na região Centro-Oeste, principalmente para produção de palhada em sistema de plantio direto. Ainda segundo esses autores, resultados experimentais caracterizam esta espécie como verdadeira “bomba recicladora de nutrientes”, ou seja, possui elevada capacidade para extrair nutrientes do solo, se comparada às outras culturas agrícolas, em virtude de sua alta adaptabilidade aos solos tropicais, principalmente sob condições acentuadas de deficiência hídrica. Foloni et al. (2008) relataram que o milheto, possui alto potencial para produção de fitomassa e reciclagem de P a curto prazo (50 dias), e apresenta-se como importante espécie de cobertura do solo para ser usada em rotação de culturas.

O fósforo (P) é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, por seu papel na formação de biomoléculas como os ácidos nucléicos (DNA, RNA e outros), fosfolipídios e nucleotídios (ATP, GTP e outros) (Barroso e Nahas et

al., 2008). Quanto à eficiência de absorção de P pelas plantas cultivadas, segundo Siqueira et al. (2004), estas devem possuir sistema radicular com alta adaptabilidade aos solos tropicais, que é fundamental na racionalização da adubação fosfatada, pois geralmente as concentrações deste nutriente na solução do solo está em torno de  $\text{mmol L}^{-1}$ . Segundo Machado e Furlani (2004), diferenças inter e intra-específicas na capacidade de utilizar o P do solo são explicadas, em parte, por variações na morfologia e fisiologia das raízes, as quais caracterizam as plantas quanto à aquisição de P. De acordo com Siqueira et al. (2004), o potencial genético de espécies ou cultivares para absorver o P do solo é atribuído, principalmente, aos fatores morfologia, quantidade e distribuição de pêlos radiculares, colonização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), associações com microrganismos solubilizadores de P na rizosfera, secreção de ácidos orgânicos, prótons e substâncias quelantes, secreção de enzimas fosfatases, elevada eficiência fotossintética e adaptabilidade às condições edafoclimáticas adversas.

Também é conhecido que a inoculação de microrganismos selecionados é capaz de maximizar a nutrição e produtividade das culturas. No mercado agrícola, há diversos microrganismos comercializados na forma de inoculantes para beneficiar as culturas de interesse agrônomico. Estes microrganismos são coletados, a partir de plantas iscas, com posterior multiplicação em laboratório para inoculação de sementes ou diretamente no solo. Diversos microrganismos edáficos, predominantemente bactérias e fungos, possuem a capacidade de solubilizar fosfatos por meio de diferentes mecanismos, especialmente pela produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular (Souchie et al., 2006; Chagas Junior et al., 2010). A inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfatos no solo tem sido sugerida como alternativa para substituir ou diminuir o uso de fertilizantes fosfatados solúveis, mediante o melhor aproveitamento deste macronutriente (Vessey, 2003). O uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos pode ajudar a aumentar a disponibilidade de P para favorecer o crescimento de plantas leguminosas e não-leguminosas (Vessey, 2003). Além disso, isolados de rizóbio, envolvidos na solubilização de P, podem aumentar o crescimento vegetal pelo aumento da eficiência da fixação biológica do nitrogênio (Chagas Junior et al., 2010).

## OBJETIVOS

1. Escolher resíduos agroindustriais mais abundantes e de fácil aquisição no Sudoeste Goiano e identificar a recomendação usual de cada resíduo.
2. Isolar e selecionar bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de fosfatos de Ca e Fe, a partir da rizosfera de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi avaliada a disponibilidade de resíduos orgânicos diversos, produzidos na região Sudoeste Goiano. Logística, custo, quantidade produzida, rapidez na sua obtenção foram alguns dos requisitos considerados para a escolha dos resíduos agroindustriais a serem estudados. O Sudoeste Goiano, por ser um grande pólo agrícola, despertou o interesse de várias indústrias e usinas que se instalaram na região, principalmente, a partir da década de 90. Por este fato, há um grande estoque de resíduos ricos em nutrientes, provenientes do processamento de produtos agrícolas. Com chegada da Brasil Foods em Rio Verde, GO, o estoque de dejetos suíno e cama-de-frango tiveram aumento considerável na região. O dejetos de suínos é rico em N, P, Mg, Ca e metais pesados como Zn, B, Cu, e Fe. O dejetos suíno não tem valor comercial, pois o mesmo é utilizado na própria propriedade ou doado para que ocorra a limpeza das piscinas (lagoas de decantação). O custo fica a critério do produtor que deseja utilizá-lo (caminhão pipa ou conjunto moto bomba, encanamento e canhão de aplicação). O resíduo é de fácil acesso e fácil aplicação, e foi coletado para uso neste experimento, a partir de piscina de terminação. A cama-de-frango, por sua vez, é rica em N, P e K e possibilita aumento considerável do teor de matéria orgânica do solo e da CTC. O preço da tonelada de cama-de-frango no Sudoeste Goiano, atualmente, está em torno de R\$ 80,00. A mesma é de fácil acesso e comercializada pelos avicultores como uma renda extra. A cama-de-frango utilizada neste trabalho foi de 4º lote de frangos de terminação. Já para a torta de filtro, não se conhece muito sobre sua utilização, sendo uma prática nova entre os agricultores não-canavieiros. Muitos produtores de açúcar e álcool estocam a torta de filtro em áreas de descarte, mas produtores do estado de São Paulo, alguns de Goiás e do Nordeste brasileiro, vêem uma grande finalidade para tal resíduo

que é rico em N, P e K com alto teor de matéria orgânica. O preço por tonelada da torta de filtro não foi mensurado, pois a mesma não possui valor comercial, quando não é utilizada pelos agricultores canavieiros e pode ser doada pelos mesmos. Este resíduo é oriundo da produção de açúcar, sendo um resíduo originado a partir da limpeza dos filtros para o processamento do açúcar. Os motivos da escolha do dejetosuíno, cama-de-frango e da torta de filtro foram: a rápida obtenção desses resíduos (logística), preço acessível, em comparação aos fertilizantes químicos e fácil aplicação dos mesmos no solo (baixo custo operacional) (Associação dos produtores da Brasil Foods; Técnicos da Usina Vale do Verdão).

Plantas-isca de milho, cultivar ADR 300, foram cultivadas em solo não esterilizado (Latosolo Vermelho distroférrico), coletado entre 10 e 30 cm de profundidade no IF Goiano – Câmpus Rio Verde e acondicionado em baldes plásticos com capacidade para 8 L. Três tipos de resíduos orgânicos agroindustriais (dejetosuíno, torta de filtro e cama-de-frango) foram misturados ao solo (proporção 1:1, v/v) (Figura 1).

Aos 45 dias após a semeadura, amostras de plantas inteiras foram coletadas cuidadosamente, de modo a preservar o sistema radicular e levadas ao Laboratório de Microbiologia Agrícola da instituição, para isolamento de BSF e FSF a partir de sua rizosfera. Também foi feita análise química dos respectivos resíduos, quanto ao seu teor de nutrientes e pH (Tabela 1).

**Tabela 1** - Análise química dos teores de nutrientes e pH de torta de filtro, cama-de-frango e dejetosuíno

Resíduo Agroindustrial	pH	N	Mg	Psol	K	Ca	S	B	Zn	Mn	Co	Cu	Fe	US	UU	U
Torta de Filtro	5,75	2,16	0,26	4,68	0,14	1,69	0,11	0,01	0,02	0,05	0,002	0,01	4,54	0,50	63,60	-
Cama-de-Frango	8,70	2,94	0,38	3,13	3,59	1,21	0,16	0,02	0,07	0,07	0,007	0,04	0,45	-	-	16,90
		------(g kg <sup>-1</sup> )-----						------(mg kg <sup>-1</sup> )-----								
Desejo pastoso de suíno	6,90	22,40	11,68	21,49	2,94	74,40	8,72	24,45	2456,60	1363,10	-	1530,10	2566,70	-	-	-

\*Cama-de-frango e Torta de filtro, uma amostra retirada de 1 Mg do resíduo. Dejetosuíno uma amostra retirada de 2.000 litros do resíduo.\*US (umidade seco) UU (umidade úmido) U (umidade)

### Obtenção de isolados de BSF e FSF de CaHPO<sub>4</sub>

Para o isolamento das BSF e FSF de CaHPO<sub>4</sub> rizosféricos, foi utilizado o meio de cultura PVK (Pikovskaya, 1948). O isolamento foi feito a partir de 10 g de raízes (Figura 2), misturadas em 90 mL de solução tampão fosfato e mantidas sob agitação (150 rpm, por 30 min), seguindo a técnica das diluições sucessivas até 10<sup>-5</sup>, em tubos

contendo 9 mL de solução salina (NaCl 0,85%). Foi utilizado o método “*pour-plate*”, em triplicata. Como testemunha, foi utilizada a solução salina, sem adição de solo nas mesmas diluições. Após quatro dias de incubação, a 28 °C, no escuro, as placas foram avaliadas para quantificação do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) e identificação de BSF e FSF, por meio da presença ou ausência do halo transparente ao redor da UFC, em função da solubilização de  $\text{CaHPO}_4$  (Figura 3). As colônias que apresentaram esse halo foram isoladas e purificadas, em ágar nutriente e BDA, para bactérias e fungos, respectivamente, e mantidas em geladeira.

### **Quantificação do potencial de solubilização de $\text{FePO}_4$ *in vitro***

Todos os isolados obtidos na etapa anterior (quatro isolados de FSF e seis isolados de BSF), foram testados quanto à sua capacidade de solubilização de  $\text{FePO}_4$ , em condições *in vitro*. Para tanto, os isolados foram cultivados em tubos de ensaio contendo 9 mL de meio GELP líquido (Sylvester-Bradley et al., 1982), enriquecido com  $\text{FePO}_4$  ( $1\text{g L}^{-1}$ ), sob agitação (130 rpm), por 72 h. Posteriormente, os isolados foram centrifugados (8.000 rpm, por 10 min a 10 °C) e, em seguida, retirou-se 1 mL do sobrenadante de cada isolado para determinação da quantidade de P inorgânico, pelo método colorimétrico da vitamina C modificado, no comprimento de onda de 725 nm (Braga e De Fellipo, 1974). Todas as leituras foram realizadas em triplicata. Como controle, utilizou-se o meio de cultura GELP esterilizado, adicionado da fonte fosfatada.

A curva padrão foi preparada a partir de uma solução estoque de ácido fosfórico ( $20\text{ mg L}^{-1}$ ) de onde foram retirados 0, 100, 200, 300, 500, 700 e 900  $\mu\text{L}$  e adicionou-se água destilada para volume final de 1 mL, obtendo-se assim as concentrações crescentes para construção da curva de calibração de P. A quantidade de  $\text{FePO}_4$  solubilizado pelos isolados foi determinada, utilizando-se a equação da curva padrão.

Os dados obtidos nas etapas de isolamento de BSF e FSF e quantificação do potencial de solubilização de  $\text{FePO}_4$  *in vitro*, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (5%), pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

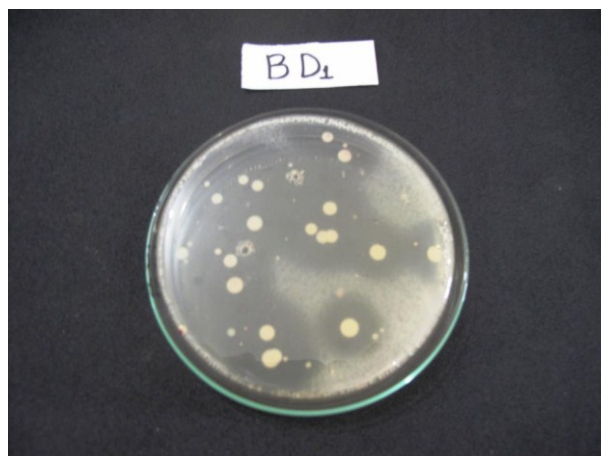


**Figura 1.** Solo e cama-de-frango (A até F) e torta de filtro (G e H), na proporção 1:1 (v/v), antes da semeadura de milho na Fazenda São Tomaz – Cachoeirinha, Rio Verde, GO.



**Figura 2.** Planta de milho cultivada em solo com resíduos agroindustriais sendo colhida no IF Goiano – Câmpus Rio Verde para isolamento de BSF e FFSF de sua rizosfera.





**Figura 3.** UFC de bactérias e fungos solubilizadores de fosfatos em placa de Petri contendo meio GELP adicionado de  $\text{CaHPO}_4$ , isoladas da rizosfera de milho, cultivado em vasos com resíduos agroindustriais, no IF Goiano – Câmpus Rio Verde.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade populacional de FSF foi similar na rizosfera das plantas de milho, cultivadas com os três tipos de resíduos agroindustriais (Tabela 2). Já os isolados de BSF foram detectados em maior densidade na rizosfera das plantas cultivadas em solo adicionado de cama-de-frango, seguida pela rizosfera das plantas cultivadas com dejetos pastosos de suínos (Tabela 2).

**Tabela 2** – População de fungos (FSF) e bactérias (BSF) solubilizadoras de  $\text{CaHPO}_4$  na rizosfera de milho, cultivado em solo com resíduos agroindustriais.

Resíduo agroindustrial	UFC g solo <sup>-1</sup>	
	FSF	BSF
Dejetos pastosos de suínos	$7,33 \times 10^3$ a	$3,33 \times 10^2$ b
Torta de filtro	$6,67 \times 10^3$ a	nd*
Cama-de-frango	$3,33 \times 10^3$ a	$6,67 \times 10^3$ a

\*nd: crescimento não detectado. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

Silva Filho e Vidor (2000) sugerem que as avaliações de solubilização de P tendem a favorecer as espécies que têm alta agressividade de crescimento, como as de *Aspergillus* e *Rhizopus*, em detrimento daquelas que têm crescimento limitado, como as bactérias. Segundo Barea et al. (2004), as interações entre microrganismos são complexas e dependentes de fatores múltiplos.

Quanto à capacidade de solubilização de  $\text{FePO}_4$ , foi verificado maior potencial para os isolados bacterianos TFB2, TFB3 e DSB8, comparado aos isolados fúngicos (Tabela 3). Marschner e Baumann (2003) sugerem que as mudanças na estrutura da comunidade bacteriana podem ser, ao menos em parte, devido às mudanças na liberação de exsudatos pelas raízes, de acordo com a idade da planta.

Souchie et al. (2005) relatam que, geralmente, os FSF apresentam maior potencial de solubilização que BSF. Não foi o caso dos resultados encontrados neste trabalho. Tais resultados sugerem que diversos fatores (pH do meio, fonte fosfatada, tempo de incubação entre outros) estão envolvidos na expressão do potencial de solubilização. Gibson e Mitchell (2004) relataram que isolados fúngicos solubilizaram  $\text{CaHPO}_4$ , mas não  $\text{FePO}_4$  e  $\text{AlPO}_4$ .

**Tabela 3** – Quantificação da solubilização de  $\text{FePO}_4$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ) por isolados bacterianos e fúngicos inoculados em meio GELP líquido enriquecido com  $\text{FePO}_4$ .

Isolados	$\text{FePO}_4$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Bactérias	
CFB1	0,47 b
TFB2	1,14 a
TFB3	1,17 a
CFB4	0,59 b
DSB7	0,46 b
DSB8	1,00 a
Fungos	
CFF5	0,67 b
DSF6	0,68 b
DSF9	0,58 b
DSF10	0,55 b
Controle	0,02 c
CV (%)	8,04

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%). Dados transformados (raiz quadrada de  $Y + 1.0$ )

É possível apontar a necessidade de mais estudos sobre a fisiologia desses fungos, a fim de selecionar os mais eficientes (Coutinho et al., 2012). Cabral (2012), avaliando a solubilização *in vitro* de  $\text{FePO}_4$  por bactérias rizosféricas de mangaba observou valores muito acima dos encontrados no presente trabalho, mostrando que pode ter ocorrido uma competição entre os microrganismos, ou uma influência do pH entre os resíduos. Park et al. (2010) observaram para quantificação de solubilização de P

por bactérias, que quanto menor é o pH do meio, maior é o índice de solubilização. Gomes et al. (2010) observaram uma variação significativa no potencial de disponibilização de P entre as estirpes avaliadas, sendo que a maior taxa de solubilização foi observada entre os fungos. Este resultado pode ser atribuído à melhor adaptação desses isolados ao meio de cultura, que apresentou caráter ácido, após o período de incubação. Isto evidenciou uma maior habilidade desse grupo microbiano em produzir metabólitos acidificantes para a solubilização de fosfato. Relatos anteriores têm mostrado uma correlação negativa entre o desenvolvimento e reprodução dos fungos e o pH do meio (Yadav e Tarafdar, 2003; Barroso e Nahas, 2005). A correlação entre solubilização de fosfato e acidez comprova que, para ocorrer a solubilização de P, é preciso a produção de ácidos. A solubilização de P mineral é ocasionada por queda do pH, a qual tem sido associado com sua capacidade de secretar ácidos orgânicos de baixo peso molecular, tais como glucônico, 2-cetoglucônico, oxálico, cítrico, acético, málico, e succínico, e assim por diante (Maliha et al., 2004; Sharma et al., 2005). Estes ácidos encontram-se na forma aniônica, tal como citrato, oxalato, acetato, malato, isocitrato, tartarato e são liberados por exsudatos radiculares de plantas e microrganismos. Eles também podem ser produtos de degradação de moléculas orgânicas complexas (Jones et al., 2003; Yadav e Tarafdar, 2003). A adsorção de ácidos orgânicos produz um impacto no solo (cargas de superfície), permitindo a complexação de cátions metálicos em solução e deslocamento de ânion, a partir da matriz do solo (Jones, 1998). Os ácidos orgânicos têm sido relacionados com mobilização de nutrientes, principalmente, de P insolúvel e, por conseguinte, com o aumento da sua biodisponibilidade às plantas (Ström et al., 2002). A produção de fitormônios também pode ser proveniente de microrganismos solubilizadores de P (Srinivasan et al., 2012). Karadeniz et al. (2006) e Remans et al. (2007) relatam que os fitormônios afetam muitas atividades fisiológicas das plantas, tais como o alargamento de células, a divisão celular, a iniciação radicular, crescimento taxa, fototropismo, geotropismo e dominância apical.

## CONCLUSÕES

1. Cama-de-frango, dejetos pastosos de suínos e torta de filtro são os resíduos agroindustriais com maior potencial de uso no Sudoeste Goiano.
2. A densidade populacional de FSF é similar na rizosfera de milho cultivado com cama-de-frango, dejetos pastosos de suínos ou torta de filtro.

3. Há maior potencial para os isolados bacterianos TFB2, TFB3 e DSB8 na solubilização de  $\text{FePO}_4$ .
4. Fungos solubilizadores de  $\text{CaHPO}_4$  são detectados em densidade similar na rizosfera de milho cultivado com os três resíduos agroindustriais.
5. Maior densidade de bactérias solubilizadoras de  $\text{CaHPO}_4$  é detectada na rizosfera de milho cultivado com cama-de-frango, comparado às plantas cultivadas com torta de filtro e dejetos suínos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELI, A.; SISTANI, K. R.; ROWE, D. E.; TEWOLDE, H. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. **Agronomy Journal**, v. 97, p. 314-321, 2005.

ADELI, A.; SISTANI, K. R.; ROWE, D. E.; TEWOLDE, H. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, p. 974-983, 2007.

ADORNA, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. C.; ROSSATO, O. B. Adubação com torta de filtro e micronutrientes no plantio da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 649-657, 2013.

BARROSO, C. B.; NAHAS, E. The status of soil phosphate fractions and the ability of fungi to dissolve hardly soluble phosphates. **Applied Soil Ecology**, v. 29, p. 73-83, 2005.

BARROSO, C. B.; NAHAS, E. Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 529-535, 2008.

BARZEGAR, A. R.; YOUSEFI, A.; DARYASHENAS, A. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. **Plant and Soil**, v. 247, p. 295-301, 2002.

BASSO, C. J. Dejetos líquidos de suínos. II- Perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1305-1312, 2005.

BOATENG, S. A.; ZICKERMANN, J.; KORNAHRENS, M. Poultry manure effect on growth and yield of maize. **West African Journal of Applied Ecology**, v. 9, p. 1-11, 2006.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecária Tropical**, v. 34, p. 83-87, 2004.

**CABRAL, J. S. R.** Otimização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos no estabelecimento *in vitro* de explantes de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) e na sua promoção do crescimento. **Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia. IF Goiano – Câmpus Rio Verde, 2012. 165p.**

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A. de; OLIVEIRA, A. N. de; WILLERDING, A. L. Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, p. 359-366, 2010.

COUTINHO, F. P.; FELIX, W. P.; YANO-MELO, A. Solubilization of phosphates in vitro by *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. **Ecological Engineering**, v. 42, p. 85-89, 2012.

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

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilize on some physical properties of a Chromoxerert soil. **Soil and Tillage Research**, v. 78, p. 59-67, 2004.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; JAIME ALVES JUNIOR, J. A. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1147-1155, 2008.

GIBSON, B. R.; MITCHELL, D. T. Nutritional influences on the solubilization of metal phosphate by ericoid mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 108, p. 947-954, 2004.

GIROTTI, A. F.; MIELI, M. **Situação atual e tendências para a avicultura de corte nos próximos anos**. Brasília, Embrapa, 2004.

GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; LORENSINI, F.; TRENTIN, E. E. **Acúmulo de cobre e zinco no solo após sucessivas aplicações de dejetos líquidos de suínos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Gramado, 2007. Anais. Gramado, 2007.

GOMES, E. A.; SILVA, U. C.; UBIRACI, G. P.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E. **Avaliação do Potencial de Solubilização de Fosfato de Ferro *in vitro* por Bactérias e Fungos do Solo**. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

JONES, D. L. Organic acid in the rhizosphere: a critical review. **Plant and Soil**, v. 205, p. 25-44, 1998.

JONES, D. L.; DENNIS, P. G.; OWEN, A. G.; VAN HEES, P. A. W. Organic acid behavior in soils-misconceptions and knowledge gaps. **Plant and Soil**, v. 248, p. 31-41, 2003.

KARADENIZ, A.; TOPCUOGLU, S. F.; INAN, S. Auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 22, p. 1061-1064, 2006.

MACHADO, C. T. T.; FURLANI, A. M. C. Kinetics of phosphorus uptake and root morphology of local and improved varieties of maize. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 69-76, 2004.

MALIHA, R.; SAMINA, K.; NAJMA, A.; SADIA, A.; FAROOQ, L. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms under in vitro conditions. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, p. 187–196, 2004.

MARSCHNER, P.; BAUMANN, K. Changes in bacterial community structure induced by mycorrhizal colonization in split-root maize. **Plant and Soil**, v. 251, p. 279- 289, 2003.

MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; SAFADOUST, A. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. **Soil and Tillage Research**, v. 104, p. 173-179, 2009.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; KARAM, D.; COELHO, A. M.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; LARA CABEZAS, W. **Manejo da cultura do milho**. In: NETTO, D.A.M. e DURÕES, F.O.M. (Eds). Milheto: tecnologias de produção e agronegócio. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 59-87.

REMANS, R.; BEEBE, S.; BLAIR, M.; MANRIQUE, G.; TOVAR, E.; RAO, I.; CROONENBORGH, A.; TORRES-GUTIERREZ, R.; EL-HOWEITY, M.; MICHIELS, J.; VANDERLEYDEN, J. Physiological and genetic analysis of root responsiveness to auxin-producing plant growth promoting bacteria in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, v. 302, p. 149–161, 2007.

SANTOS, C. C.; BELLINGIERI, P. A.; FREITAS, J. C. Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sogro granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Científica**, v. 32, p. 134-140, 2004.

SHARMA, V.; KUMAR, V.; ARCHANA, G.; NARESH, K. G. Substrate specificity of glucose dehydrogenase (GDH) of *Enterobacter asburiae* PSI3 and rock phosphate solubilization with GDH substrates as C sources. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 51, p. 477–482, 2005.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1495-1508, 2001.

SIQUEIRA, J. O.; ANDRADE, A. T.; FAQUIM, V. **O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas.** In: YAMADA, T. e ABDALLA, S. R. S. (Eds). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2004. p. 117-149.

SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Solubilização de fosfatos em meio sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1149-1152, 2005.

SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Phosphate solubilization and synergism between P-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1405-1411, 2006.

SRINIVASAN, R.; AJJANNA R. ALAGAWADI, A. R.; MAHESH S.; YANDIGERI, M. S.; MEENA, K. K.; SAXENA, A. K. Characterization of phosphate-solubilizing microorganisms from salt-affected soils of India and their effect on growth of sorghum plants [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Annals of Microbiology**, v. 62, p. 93–105, 2012.

STRÖM, L.; OWEN, A. G.; GODBOLD, D. L.; JONES, D. L. Organic acid mediated P mobilization in the rhizosphere and uptake by maize roots. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 703–710, 2002.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A., TEODORO, M. C. C. L.; SANTOS, V. J.; FRARE, P. **Calagem e adubação para a cultura do quiabo.** Disponível em <[www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Quiabo/Calagem\\_Quiabo.htm](http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Quiabo/Calagem_Quiabo.htm)> Acesso em 9/5/2008.

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

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, p. 571-586, 2003.

YADAV, R. S.; TARAFDAR, J. C. Phytase and phosphatase producing fungi in arid and semi-arid soils and their efficiency in hydrolyzing different organic P compounds. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, p. 1–7, 2003.



## **CAPÍTULO 2**

**MILHETO CULTIVADO EM CAMPO, FERTILIZADO COM  
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E INOCULADO COM  
MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS**

**RESUMO** - A cultura do milheto (*Pennisetum glaucum*) é amplamente utilizada na agricultura, para produção de grãos e palhada, assim como em pastagens. É uma planta originária da África, com fácil adaptabilidade para qualquer região. A utilização de microrganismos solubilizadores de fosfatos, na forma de inoculante, é uma prática utilizada na agricultura visando maximizar a nutrição e desenvolvimento vegetal. Já o uso de resíduos agroindustriais traduz-se em estratégia usada pelos produtores rurais para minimizar a dependência por fertilizantes químicos, que possuem alto preço. Com este trabalho objetivou-se: 1) avaliar, em campo, a influência da aplicação de doses de resíduos agroindustriais e da inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfatos (MSF) na cultura do milheto; 2) quantificar a colonização micorrízica e a esporulação de FMA nos ensaios de milheto em campo; 3) avaliar a produção de biomassa seca de parte aérea de milheto, fertilizado com doses de resíduos agroindustriais e inoculado com MSF. Foram implantados três experimentos com milheto, cada um testando-se um tipo de resíduo agroindustrial. Cada experimento foi instalado em delineamento em blocos ao acaso, esquema fatorial 3 x 3 (três doses para cada resíduo: 0, 40 e 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos pastosos de suínos pastoso; 0, 3 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro e de cama-de-frango e três inoculantes de solubilizadores de P: BSF (TFB3), FSF (CFF5) e TFB3+CFF5 na concentração de 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Em cada experimento, o plantio foi feito manualmente, em linhas, em área de plantio direto, utilizando o espaçamento de 50 cm entre linhas. Foram utilizadas 28 sementes por metro linear. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com 20 mL kg de semente<sup>-1</sup> do inoculante líquido de cada isolado. Em cada experimento, 15 dias após a emergência a semeadura, os resíduos foram lançados manualmente na superfície do solo. Após 122 dias, foi feita a colheita manual das três linhas centrais de cada parcela, descartando-se as plantas situadas a 1 m das extremidades da mesma, sendo avaliadas: biomassa seca de parte aérea, densidade de BSF e FSF rizosféricos, percentual de colonização micorrízica das raízes de milheto e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. A aplicação dos resíduos agroindustriais: torta de filtro, cama-de-frango e dejetos pastosos de suínos incrementa a fertilidade do solo cultivado

com milho no Sudoeste Goiano. As doses de torta de filtro, cama-de-frango e dejetos pastosos de suínos pastosos, testadas neste trabalho, não resultam em incremento da produção de biomassa seca de parte aérea de milho. A inoculação com bactérias e, ou fungos solubilizadores de fosfato, não incrementa a produção de biomassa seca de parte aérea de milho. A esporulação de FMA em área de plantio direto cultivada com milho fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango, dejetos pastosos de suínos ou torta de filtro não possui relação com as três doses de resíduo testadas ou com os MSF inoculados.

**Palavras-chave:** *Pennisetum glaucum*, solubilização de fosfatos, matéria orgânica do solo.

**ABSTRACT** - The millet (*Pennisetum glaucum*) crop is widely used for pasture, grain and straw (green manure) production. Its origin is African and has easy adaptability to any region. The use of P-solubilizing microorganisms (PSM) as inoculant is used on agriculture in order to increase plant nutrition/growth. On the other hand, the use of agro-industrial wastes become in a strategy to reduce dependence of chemical fertilizers. This work aimed to: 1) evaluate the influence of the application of agro-industrial waste as soon as the PSB and PSF inoculation in millet crop under field conditions; 2) quantify root colonization and the sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on field trials with millet; 3) evaluate the shoot dry matter production on millet fertilized with doses of agro-industrial wastes and inoculated with PSM. under field conditions, three experiments were carried out with millet to test each agro-industrial waste. Each experiment were planted in a completely randomized blocks, factorial scheme 3 x 3 (three waste doses: 0, 40 and 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of swine manure; 0, 3 and 6 Mg ha<sup>-1</sup> of sugarcane filter cake or poultry litter and three P-solubilizing inoculants: PSB (TFB3), PSF (CFF5) and TFB3 + CFF5 at 2.0 x 10<sup>8</sup> CFU mL<sup>-1</sup>), with four replicates. In all experiments the sown were carried out manually, in lines, in area of direct sowing system using the spacing of 50 cm between rows. Twenty eight seeds by linear meter were sown. Before sown, the seeds were inoculated with 20 mL kg of seeds<sup>-1</sup> of liquid inoculant of each isolate. Each experiment, 15 days after emergence, the agro-industrial wastes were applied manually on soil surface. One hundred twenty two days after emergence, the manual harvest was made on three central lines of each parcel. Plants located at 1 m from the ends of the plot were discarded. At harvest, the shoot dry matter, PSB and PSF densities, percentage of AMF colonization on millet roots and AMF spore density were measured. The application of poultry litter, sugarcane filter cake and swine manure increase the soil fertility growth with millet on Goiano Southwest. The doses of all agro-industrial wastes as soon as inoculation with PSM does not increase the shoot dry matter of millet. The AMF sporulation in area under direct sowing system cultivate with millet fertilized with increasing doses of poultry litter, sugarcane filter cake or swine manure do not has interaction with the doses of each agro-industrial waste tested or with PSM inoculated.

**Keywords:** *Pennisetum glaucum*, phosphate solubilization, soil organic matter.

## INTRODUÇÃO

O Brasil importa grande parte dos fertilizantes minerais para suprir sua demanda. Visando diminuir essa dependência e otimizar o uso de fertilizantes, o país deve atentar para alternativas de fertilização dos solos. Em muitas regiões, existe a possibilidade de aproveitamento de resíduos agroindustriais, que se traduz em opção estratégica aos produtores rurais, se bem utilizados. O uso de esterco animal pode favorecer a infiltração e a absorção da água e aumentar a capacidade de troca de cátions dos solos (Hoffmann et al., 2001). Entre outros atributos, ressalta-se a redução na capacidade máxima de adsorção de P (Souza et al., 2006). Por exemplo, a produção de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] no Brasil é muitas vezes limitada pelos altos custos de produção e, entre os insumos, o fertilizante é o mais oneroso, com participação da ordem de 23 a 27% no custo total de produção, variando a cada safra (Castro et al., 2006; Menegatti e Barros, 2007).

O aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental geram aumento na demanda de pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos orgânicos (Melo et al., 2008). Os nutrientes presentes nos resíduos orgânicos agroindustriais podem ter sua disponibilidade maximizada pela co-inoculação de bactérias (BSF) e fungos solubilizadores de fosfato (FSF). O fósforo (P) é o nutriente menos móvel e disponível para a maioria das plantas em condições de solo, em comparação com outros nutrientes principais (El-Azouni, 2008). Souchie et al. (2006) relatam que o P é o nutriente mais limitante nos solos tropicais, enquanto que os microrganismos solubilizadores de fosfatos (MSF) e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), estão entre os microrganismos do solo mais relevantes para beneficiar a nutrição e o crescimento vegetal. Tais microrganismos apresentam potencial de uso na forma de inoculante. MSF envolvidos nos processos de solubilização do P inorgânico e mineralização de P orgânico liberam ácidos orgânicos que quelam os cátions que acompanham o ânion fosfato, disponibilizando este último na solução do solo (Reyes et al., 2001). A maioria dos autores relata que a solubilização de

fosfatos é correlacionada com a habilidade de produção de ácidos orgânicos, dentre eles o ácido indol acético (auxina) e, ou polissacarídeos extracelulares pelos microrganismos. Estes ácidos são na forma aniônica, tal como citrato, oxalato, acetato, malato, isocitrato, e tartarato. Os ácidos orgânicos são liberados por exsudatos radiculares de plantas e microrganismos, eles também podem ser produtos de degradação de moléculas orgânicas complexas (Jones et al., 2003; Yadav e Tarafdar 2003).

Dentre os microrganismos de solo benéficos aos vegetais, os FMA se destacam por formar associações simbióticas com as raízes da maioria das plantas. Esta simbiose tem importante papel nutricional para os vegetais, pois contribui para o aumento da absorção de nutrientes, favorece a colonização de outros microrganismos benéficos (fixadores de nitrogênio e solubilizadores de fosfato), ameniza os efeitos de mudanças de pH, concentração de metais pesados em ambientes degradados, incrementa a tolerância a estresses e fitotoxidez, reduz danos causados por patógenos, favorece a agregação do solo e produção de substâncias bioativas (Moreira e Siqueira, 2006; Siqueira et al., 2007). O P compõe os chamados elementos ricos em energia, sendo o exemplo mais comum a adenosina trifosfato (ATP), que é utilizada em todas as reações do metabolismo que exijam a entrada (utilização) de energia. O P é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, por seu papel em biomoléculas importantes como ácidos nucléicos (DNA, RNA e outros), fosfolipídios e nucleotídios (ATP, GTP e outros) (Barroso e Nahas et al., 2008).

Uma das culturas de interesse agrônômico no Sudoeste Goiano é o milheto (*Pennisetum glaucum*). Muitos autores recomendam seu uso para recuperação de pastagens e de áreas degradadas, além de fornecimento de palhada, como fonte (reposição) de nutrientes para culturas anuais. A rápida expansão do cultivo de milheto no Brasil, principalmente na região do Cerrado, é atribuída à sua fácil instalação e adaptação às condições desfavoráveis de cultivo, destacando-se: tolerância à seca, crescimento rápido e maior capacidade de ciclagem de nutrientes; alta produção de biomassa; boa adaptação a diferentes níveis de fertilidade; sistema radicular profundo e abundante; facilidade de mecanização; resistência a pragas e doenças; facilidade de produção de semente e aproveitamento para pecuária, decorrente da boa qualidade e da elevada produção de forragem (Teixeira et al., 2005). De acordo com Pereira Filho et al. (2005), o cultivo do milheto tem se expandido rapidamente no Brasil, a ponto de ser, na atualidade, a cultura mais importante em termos de área na entressafra de verão na

região Centro-Oeste, principalmente para produção de palhada no sistema de plantio direto (SPD). Ainda segundo esses autores, resultados experimentais e práticos caracterizam o milho como verdadeira “bomba recicladora de nutrientes”, ou seja, esta gramínea apresenta elevada capacidade para extrair nutrientes do solo, se comparada a outras culturas agrícolas, em virtude de sua alta adaptabilidade aos solos tropicais, principalmente sob condições acentuadas de deficiência hídrica. Foloni et al. (2008) relataram que o milho possui alto potencial para produção de fitomassa e reciclagem de P no curto prazo (50 dias), e apresenta-se como importante espécie de cobertura do solo para compor rotações de culturas. Recentemente, a Embrapa Arroz e Feijão, em trabalho conjunto com pecuaristas de Goiás, obteve bons resultados com o uso desta cultura na recuperação de pastagens degradadas. Essa mesma espécie está sendo recomendada, pela Embrapa Gado de Corte, para a produção de forragem (Mattos, 2003). Kliemann et al. (2006) relatam que o milho é um exemplo clássico de planta de cobertura que atende a essa premissa, pois apresenta relação C/N de 30 ou mais, nas fases de emborrachamento e florescimento. Entretanto, o manejo do milho em outros estádios fenológicos, antecedendo a cultura de verão, ainda é pouco estudado (Carpim et al., 2008). Apesar dos cultivos de milho no Brasil estarem focados, principalmente, para a produção de palhada, a introdução de genótipos selecionados também para a produção de grãos, com baixo custo, pode propiciar renda adicional ao produtor (Pimentel et al., 2003), como é o caso da cultivar ADR-300.

O uso de resíduos agroindustriais, disponíveis no Sudoeste Goiano, associados à co-inoculação de BSF e, ou FSF podem incrementar a nutrição e a produção de palhada desta cultura.

## **OBJETIVOS**

- 1) Avaliar, em campo, a influência da aplicação de doses de resíduos agroindustriais e da inoculação de MSF na cultura do milho.
- 2) Quantificar a colonização micorrízica e a esporulação de FMA nos ensaios de milho em campo.
- 3) Avaliar a produção de biomassa seca de parte aérea de milho, fertilizado com doses de resíduos agroindustriais e inoculado com MSF.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

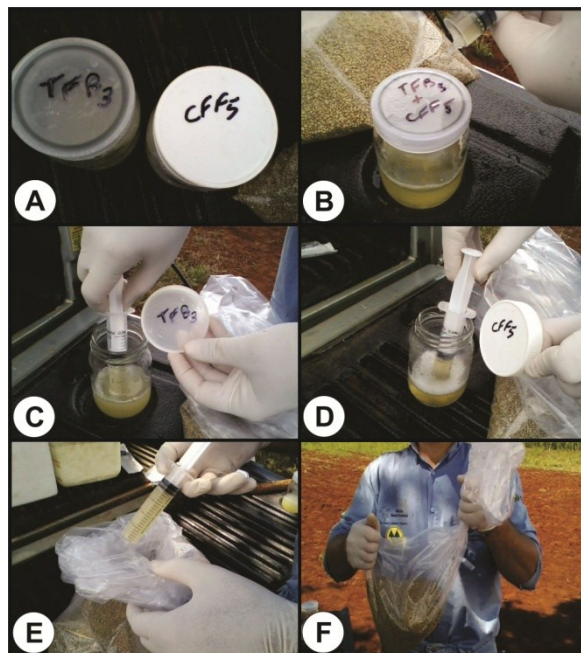
Três experimentos foram instalados em campo, com a cultura do milho

(cultivar ADR-300), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, situada no Km 07 da BR-452, em Rio Verde, GO, cada um com um tipo de resíduo agroindustrial em SPD. Cada experimento, foi instalado em delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial 4 x 3 (4 tipos de inoculantes: sem inoculação, inoculação do isolado de BSF (TFB3), inoculação do isolado de FSF (CFF5) e a mistura de ambos e três doses dos resíduos agroindustriais: 0, 3 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> (cama-de-frango e torta de filtro); 0, 40 e 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (dejeito pastoso de suínos) e 4 repetições. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras do solo para análise textural e química. Também, foi feita a caracterização química dos resíduos orgânicos para determinação da disponibilidade de nutrientes, especialmente P.

Para a escolha dos MSF a serem inoculados, foram escolhidos um isolado de BSF (TFB3) e um de FSF (CFF5) e a mistura de ambos, pois foram os que apresentaram maior capacidade de solubilização de FePO<sub>4</sub> (mg L<sup>-1</sup>) (Tabela 4 do Capítulo 1). A inoculação foi feita no momento da semeadura, utilizando-se sacos plásticos (20 mL de inoculante líquido para 1 kg de semente, contendo 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>) (Figura 1).

Após a inoculação, o milho foi semeado manualmente (Figura 2) em sulcos feitos por plantadeira de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,55m, sendo que cada parcela tinha seis linhas de 3m de comprimento (10 m<sup>2</sup>). Foram semeadas 40 sementes por metro linear e, após a emergência, foi feito um desbaste manual, deixando-se cerca de 28 plantas por metro linear (Figura 2).





**Figura 1.** Etapas da inoculação de sementes de milho: A) Inoculante de BSF e FSF; B) Mistura de inoculante de BSF e FSF; C) Coleta de inoculante de BSF; D) Coleta de inoculante de FSF; E) Inoculação das sementes de milho; F) Homogeneização do inoculante em sementes de milho.



**Figura 2.** UFC de BSF em meio GELP sólido (A); Sementes de milho inoculadas e prontas para sementeira (B); Sementeira manual do milho (ADR-300) em sulcos de sementeira de área de plantio direto, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO (C e D).

Para a colheita da parte aérea de milho, todas as plantas situadas em 0,5m linear nas duas linhas centrais de cada parcela, foram colhidas, com cutelo, a 5 cm do

solo. Em seguida, as amostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar (65° C), por 48 horas e, posteriormente, pesadas em balança semi-analítica para determinação da massa seca de parte aérea.

Dentre as plantas colhidas de cada parcela, foram coletadas raízes de seis delas para determinação da densidade de MSF e taxa de colonização de FMA. Também, foram coletadas amostras de solo em cada parcela para a extração de esporos de FMA e análise química.

Para determinação da densidade de BSF e FSF, 1 g de raiz foram diluídos em 9 mL de solução salina (NaCl 0,85%) e diluídos sucessivamente até a diluição  $10^{-4}$ . Posteriormente, 100  $\mu$ L das diluições  $10^{-2}$  a  $10^{-4}$  foram inoculados em placas de Petri com meio GELP (Sylvester-Bradley et al., 1982) pelo método “*pour-plate*”. As placas inoculadas foram avaliadas diariamente através da contagem do número de unidades formadoras de colônias (UFC), considerando-se como solubilizadores de fosfato os fungos e bactérias cuja colônia apresentava o halo de solubilização ao seu redor (Figura 2A).

A extração dos esporos de FMA foi realizada a partir de 50 g de solo (coletado de 0-10 cm), através dos métodos de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963) e de centrifugação e flutuação com sacarose (Jenkins, 1964). A contagem dos esporos de FMA foi feita em microscópio estereoscópico, utilizando uma placa de acrílico com anéis concêntricos.

Após 122 dias de cultivo, as plantas foram colhidas para avaliação da massa seca de parte aérea, P residual no solo, densidade de MSF rizosféricos, densidade de esporos de FMA em solo rizosférico e taxa de colonização micorrízica das raízes do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (5%), utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando a produção de biomassa de parte aérea de milho inoculado com solubilizadores de fosfato e fertilizado com resíduos agroindustriais (torta de filtro e cama-de-frango), não foi observado efeito da inoculação, assim como das doses dos respectivos resíduos (Tabelas 1 e 2). Especificamente, em ambos os experimentos, comparando-se os tratamentos de inoculação, verificou-se que o tratamento controle

(não inoculado) favoreceu a maior produção de biomassa de parte aérea das plantas (Tabelas 1 e 2). Braz et al. (2004) relataram que, após 55 dias após a emergência, os nutrientes são migrados para os grãos, podendo diminuir o valor nutricional da palhada como fonte de nutrientes (adubação verde) e também verificaram que a biomassa de parte aérea pode variar entre 13 a 25.000 kg ha<sup>-1</sup>. Observando os resultados do presente trabalho, nota-se que no tratamento controle foi detectada a maior biomassa seca de parte aérea, nos ensaios com torta de filtro e cama-de-frango (Tabelas 1 e 2). O fato do controle ter sido o melhor tratamento, pode ser pelo número de plantas por metro linear não corresponder ao recomendado para este cultivar. Especificamente, neste trabalho, foram cultivadas 28 plantas por metro linear, o que corresponde a 84 kg de sementes ha<sup>-1</sup>. Tal valor é muito acima do utilizado por Carpim et al. (2008) e Teixeira et al. (2009), que usaram 12 e 15 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para a cultivar ADR-300.

O uso da cama-de-frango, além do benefício como fonte de nutrientes, incrementa o teor de matéria orgânica que melhora os atributos físicos do solo, aumenta a capacidade de retenção de água, reduz à erosão, melhora a aeração e cria um ambiente mais adequado para o desenvolvimento da microbiota do solo (Blum et al., 2003). No presente trabalho, ao contrário do que ocorreu, era esperada que a adição deste resíduo agroindustrial resultasse em incremento da produção de parte aérea (Tabela 2).

Não foi observado efeito dos tratamentos de inoculação e tampouco das doses crescentes de dejetos pastoso de suínos na produção de biomassa seca de parte aérea (resultados não mostrados).

**Tabela 1** – Biomassa seca de parte aérea e estimativa de produtividade de palhada de milho inoculado com bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de fósforo e fertilizado com torta de filtro, Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO

Tratamentos de inoculação	Biomassa de parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )	Produtividade de palhada de parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )
BSF+FSF	7,6 c	3876
FSF	9,1 bc	4641
BSF	11,8 bc	6018
Controle	13,1 a	6681

CV (%) = 26,4

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

**Tabela 2** – Biomassa seca de parte aérea e estimativa de produtividade de palhada de milho inoculado com bactérias (BSF) e fungos (FSF) solubilizadores de fosfato e fertilizado com cama-de-frango, Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Tratamentos de inoculação	Biomassa de parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )	Produtividade de palhada de parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )
BSF+FSF	10,6 c	5.406
FSF	14,9 bc	7.599
BSF	16,5 ab	8.415
Controle	19,6 a	9.996

CV (%) = 27,4

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Outra explicação para que o tratamento controle tenha sido melhor ou se igualado aos demais tratamentos, foi proposto por Rosolem et al. (2003), em que a baixa disponibilidade de potássio (K) proporciona maior superfície radicular do milho. Nas condições do presente trabalho, é possível que a adição dos resíduos agroindustriais resultou em alto fornecimento de nutrientes, dentre eles o K, o que desfavoreceu o desenvolvimento radicular das plantas, reduziu consideravelmente a absorção de nutrientes e inibiu o desenvolvimento de parte aérea.

Avaliando-se a produção de biomassa seca de parte aérea, não foi detectado efeito da inoculação dos tratamentos de inoculação com MSF nos três ensaios com resíduos agroindustriais. Jain et al. (2011) ressaltam a importância do pH do solo em que os microrganismos forem inoculados, preferencialmente, ser o mesmo ou similar do pH do meio de cultivo utilizado na produção do inoculante. Valores de pH muito distintos entre meio de cultivo e solo que recebe este inoculante podem dificultar o estabelecimento dos microrganismos inoculados e, conseqüentemente, algum benefício às plantas.

Srinivasan et al. (2012) detectaram que a inoculação de *Aerococcus* sp. PSBCRG1-1 (bactéria solubilizadora de fosfato e produtora de auxina e giberelina) incrementou em 20 vezes a biomassa de parte aérea de sorgo, comparado ao controle não inoculado em solo salinizado, na Índia. No presente trabalho, ao contrário, não foi detectado efeito da inoculação dos MSF, possivelmente pela sua incapacidade de

competir e sobreviver frente à microbiota nativa do solo. Segundo Barea et al. (2004), as interações entre microrganismos são complexas e dependentes de fatores múltiplos.

Voroney (2007) relata que no período seco, em geral, não há diferenças entre os diferentes sistemas de preparo de solo (plantio direto e convencional), avaliando-se as populações de microrganismos do solo celulolíticos, amonificadores e solubilizadores de fosfatos. O autor sugere que, possivelmente, em solo sob baixa umidade, ocorre limitada difusão de substratos solúveis aos microrganismos e redução da mobilidade microbiana no solo. Os três ensaios do presente trabalho foram instalados em 17 de abril de 2012 e a precipitação de dois dias antes da semeadura até a colheita foi de 115 mm. No Sudoeste Goiano, entre abril e setembro de cada ano, corresponde à época de baixa precipitação pluviométrica. Cento e quinze milímetros foram suficientes para satisfazer à demanda do ciclo da cultura do milho, porém, pode ter desfavorecido algum possível efeito benéfico da inoculação dos MSF. Lemos et al. (2003) relatam que as maiores produções de grãos de soja foram obtidas semeando-se milho entre 5 de março e 19 de abril, no Centro-Oeste.

Avaliando-se a densidade populacional de BSF, não foi detectado efeito dos tratamentos de doses de torta de filtro ou da inoculação de MSF. Foi detectado efeito da interação entre estes tratamentos (Tabela 3). Porém, não foi detectada maior população de BSF nos tratamentos de inoculação de MSF ou ainda nas doses de 3 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>, comparado ao tratamento controle (Tabela 3).

**Tabela 3** – Densidade de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de torta de filtro (Mg ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- x 10 <sup>3</sup> UFC g solo seco <sup>-1</sup> -----			
0	6,8 bA	9,8 abA	16,7 aA	1,8 bA
3	5,0 aA	2,2 aB	3,1 aB	0,8 aA
6	3,4 bA	13,8 aA	8,1 abB	0,9 bA

CV (%) = 124,7

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Uma possível explicação para que as doses de torta de filtro não terem tido efeito na cultura do milho, é o fato das doses utilizadas no presente trabalho terem sido abaixo da recomendação comumente utilizada no Sudoeste Goiano ( $150 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Usina Vale do Verdão). Tal recomendação é amplamente seguida, porém, ainda sem estudos científicos para validá-la. Outro fator é o modo de aplicação. Adorna et al. (2013) aplicaram torta de filtro no sulco de plantio de cana-de-açúcar e não em superfície, como aplicada no presente trabalho. Ainda são escassas as informações sobre a capacidade de fornecimento de micronutrientes aos vegetais, por parte deste resíduo. Resultados positivos têm sido obtidos com o uso de torta de filtro, no sulco de plantio, aliado com fertilizantes químicos. Santos et al. (2011) concluíram que a melhor combinação foi torta de filtro na dose entre  $2,6$  e  $2,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  associada a  $160$  e  $190 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , avaliando-se o teor de sólidos solúveis e produtividade de açúcar em cana-de-açúcar.

Quanto à densidade populacional de FSF, no ensaio com torta de filtro, foi possível obter maior densidade destes microrganismos no tratamento com inoculação de FSF e controle não inoculado, comparado aos tratamentos com inoculação de BSF e BSF+FSF (Tabela 4). Para a população de fungos totais na rizosfera de milho, ainda no ensaio com torta de filtro, não foi detectado efeito dos tratamentos de inoculação ou de doses de torta de filtro ou ainda da interação deles (Tabelas 5 e 6). Especificamente, no tratamento controle não inoculado foi detectada maior densidade populacional de fungos totais do que no tratamento com inoculação de BSF+FSF (Tabela 5). Já avaliando-se o efeito da adição de doses crescentes de torta de filtro, foi observada maior densidade populacional de fungos totais no tratamento controle que no tratamento com adição de  $3 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Tabela 6). Não foi detectado efeito da inoculação de MSF e das doses de torta de filtro, avaliando-se a densidade de bactérias totais (resultados não mostrados).

**Tabela 4** – Densidade de fungos solubilizadores de fosfato (FSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Tratamento de inoculação	Densidade de FSF
	----- x $10^3 \text{ UFC g solo seco}^{-1}$ -----

BSF	0,3 b
BSF+FSF	0,4 b
FSF	1,0 ab
Controle	4,5 a

CV (%) = 378,8

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

**Tabela 5** – Densidade de fungos totais recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Tratamento de inoculação	Controle
	----- x 10 <sup>4</sup> UFC g solo seco <sup>-1</sup> -----
BSF	2,3 ab
BSF+FSF	1,5 b
FSF	2,6 ab
Controle	2,8 a

CV (%) = 79,1

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

**Tabela 6** – Densidade de fungos totais recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de torta de filtro (Mg ha <sup>-1</sup> )	Controle
	----- x 10 <sup>4</sup> UFC g solo seco <sup>-1</sup> -----
0	3,0 a
3	1,6 b
6	2,3 ab

CV (%) = 79,1

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Quanto ao experimento com adição de dejetos pastosos de suínos nas plantas de milho, foi verificada ausência de efeito da adição das doses crescentes do resíduo supracitado, bem como dos tratamentos de inoculação de MSF, avaliando-se a

densidade populacional de BSF (resultados não mostrados). Ao contrário, foi verificado efeito da interação de doses de dejetos pastosos de suínos e tratamentos de inoculação de MSF, avaliando-se a população de FSF e de fungos totais (Tabelas 7 e 8). Especificamente, no tratamento com inoculação de FSF e na dose de 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi detectada maior densidade de FSF e de fungos totais, comparado aos demais tratamentos de inoculação (Tabelas 7 e 8). Fungos, geralmente, preferem solo com pH mais ácido. Bactérias, ao contrário, preferem pH mais próximo da alcalinidade. Marschner e Baumannn (2003) sugerem que as mudanças na estrutura da comunidade bacteriana podem ser, ao menos em parte, devido às mudanças na liberação de exsudatos pelas raízes de acordo com a idade da planta. Não foi detectado efeito dos tratamentos, avaliando-se a densidade populacional de bactérias totais (resultados não mostrados).

**Tabela 7.** Densidade de fungos solubilizadores de fosfato (FSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de dejetos pastosos de suínos e inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de dejetos pastosos de suínos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
0	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aB	0,0 aA
40	1,1 bA	1,1 bA	26,6 aA	0,0 bA
45	0,0 bA	0,0 bA	1,1 aB	0,0 bA

CV (%) = 625

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)



**Tabela 8.** Densidade de fungos totais recuperada de solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de dejetos pastosos de suínos e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de dejetos pastosos de suínos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- x 10 <sup>3</sup> UFC g solo seco <sup>-1</sup> -----			
0	5,8 aA	9,0 aA	24,3 aB	32,8 aA
40	32,2 aA	43,5 aA	30,1 aB	38,6 aA
45	23,4 bA	25,4 bA	199,1 aA	20,0 bA

CV (%) = 221

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Avaliando-se o experimento com adição de cama-de-frango, foi verificada interação de doses de resíduo com os tratamentos de inoculação com MSF, avaliando-se a densidade populacional de BSF (Tabela 9). Especificamente, comparando-se as três doses de resíduo, foi verificada maior densidade populacional de BSF no tratamento controle (ausência de cama-de-frango). Similarmente, avaliando-se os tratamentos de inoculação na dose 0 de cama-de-frango, foi detectada maior densidade de BSF nos tratamentos controle e com inoculação de BSF, comparado aos demais. Já para a dose de 6 Mg ha<sup>-1</sup> foi observado que nas parcelas inoculadas com FSF e BSF+FSF, foi detectada maior densidade de BSF (Tabela 9).

**Tabela 9.** Densidade de bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF) recuperada da rizosfera de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de cama-de- frango (Mg ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- x 10 <sup>4</sup> UFC g solo seco <sup>-1</sup> -----			
0	6,2 aA	4,9 aA	1,5 bB	1,1 bB

3	1,7 bB	3,6 abAB	5,1 aA	3,1 abAB
6	1,8 bB	2,1 bB	6,2 aA	4,0 abA

CV (%) = 72,1

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Não foi verificada diferença entre os tratamentos de inoculação com MSF ou de doses de cama-de-frango ou ainda de sua interação, avaliando-se a densidade populacional de FSF e de bactérias totais na rizosfera de milho, na colheita (resultados não mostrados).

Quanto à densidade populacional de fungos totais, foi verificada interação entre os tratamentos de doses de cama-de-frango e inoculação com MSF, em que os tratamentos com 0 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> possibilitaram maior densidade de fungos totais, no tratamento controle não inoculado, do que na dose de 3 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 10).

**Tabela 10.** Densidade de fungos totais recuperada de solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de cama-de-frango (Mg ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- x 10 <sup>5</sup> UFC g solo seco <sup>-1</sup> -----			
0	3,1 aA	2,2 abAB	1,0 cA	1,5 bcA
3	1,3 bB	2,3 aA	1,8 abA	1,2 bA
6	2,8 aA	1,3 bB	1,8 abA	1,7 bA

CV (%) = 52,7

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

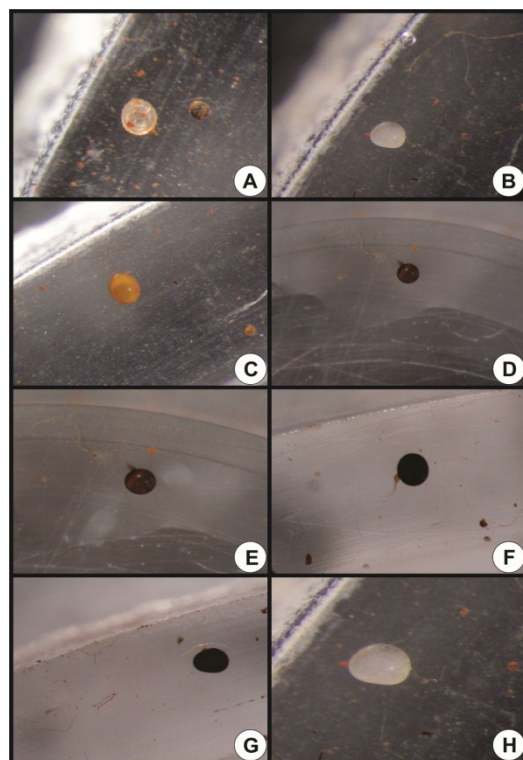
No ensaio com cama-de-frango, avaliando-se a densidade de esporos de FMA, foi verificado que, comparando-se os tratamentos de inoculação na dose 0, observou-se maior densidade de esporos no tratamento com BSF + FSF (Tabela 11). Na Figura 3, são apresentados detalhes de alguns esporos de FMA extraídos do solo das parcelas dos três ensaios com milho.

**Tabela 11** – Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de torta de filtro (Mg ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- Esporos 50g solo <sup>-1</sup> -----			
0	18,5 bB	21,1 bA	16,5 bA	36,4 aA
3	29,3 aA	22,5 abA	15,4 bA	32,4 aA
6	25,7 aAB	23,1 aA	15,8 aA	15,9 aB

CV (%) = 46

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)



**Figura 3.** Esporos de FMA extraídos de 50g de solo na colheita dos experimentos de milho em campo, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO

No ensaio com torta de filtro, foi observada maior densidade de esporos de FMA no tratamento inoculado com FSF, na dose 0 de resíduo, comparado às demais (Tabela 12)

**Tabela 12** – Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de torta de filtro e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de torta de filtro ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- Esporos 50g solo <sup>-1</sup> -----			
0	39,9 aB	32,3 aB	44,9 aA	33,1 aA
3	60,3 aA	41,1 bAB	17,8 cB	15,3 cB
6	25,6 bC	50,7 aA	6,7 cB	39,1 abA

CV (%) = 35

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Para o ensaio com dejetos pastosos de suínos, foi detectado efeito dos tratamentos de inoculação, avaliando-se a densidade de esporos de FMA. Especificamente, maior

densidade de esporos foi detectada no tratamento com inoculação de BSF, comparando-se com os tratamentos controle e inoculação de BSF+FSF (Tabela 13). A menor esporulação é atribuída à competição e ao antagonismo entre os fungos na rizosfera (Schneider et al., 2012). Os FMA podem melhorar o crescimento das plantas em situações, como o excesso de metais pesados no solo (Schneider et al., 2012). Para a recuperação desses microrganismos no solo, Mello et al. (2006), relatam que o cultivo de braquiária é uma estratégia excelente.

Cordeiro et al. (2005) trabalhando com solos de Cerrado observaram que as áreas sob cultivo de gramíneas apresentaram maiores taxas de colonização micorrízica e densidade de esporos de FMA, em relação à área cultivada com soja. Os referidos autores ainda verificaram efeito dos sistemas de manejo do solo, que resultou no aumento na densidade de esporos e que refletiu na colonização micorrízica das raízes, nas áreas agrícolas. A presença de FMAs nas raízes de leguminosas também contribuiu para expandir a área de captação dos nutrientes, sendo que alguns produtos da excreção radicular estimulam o crescimento e a ramificação do micélio, formado a partir da germinação dos esporos de FMA (Jesus et al., 2005).

**Tabela 13** – Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com milho, na colheita, fertilizado com dejetos pastosos de suínos e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Inoculação de BSF e FSF (x 10 <sup>8</sup> UFC mL <sup>-1</sup> )	Densidade de esporos (50g solo <sup>-1</sup> )
Controle	545 b
BSF	735 a
FSF	610 ab
BSF + FSF	527,5 b

CV (%) = 47,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

Apesar de ter sido detectada efeito da interação de tratamentos de inoculação de MSF com doses de dejetos pastosos de suínos, avaliando-se o percentual de colonização micorrízica de milho (Tabela 14), não se observa um “resultado padrão”, passível de explicação.

**Tabela 14** – Percentual de colonização micorrízica em raízes de milho, na colheita, fertilizado com doses crescentes de dejetos pastosos de suínos e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (BSF e FSF), na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

Dose de dejetos pastosos de suínos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Controle	BSF	FSF	BSF + FSF
	----- % colonização-----			
0	57,6 aA	32,3 bA	28,4 bB	36,2 bB
40	37,2 bB	40,8 bA	18,4 cC	54,9 aA
45	35,4 bB	35,4 bA	51,3 aA	17,8 cC

CV (%) = 21,8

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

A análise química do solo, antes da semeadura e após a colheita, aponta considerável incremento dos teores de Ca, K, P, matéria orgânica e saturação de bases, após a colheita dos ensaios (Tabela 15). Tal incremento, ocasionado pela adição dos resíduos agroindustriais, confirma que as adubações orgânicas, provenientes de resíduos agroindustriais, traduzem-se em fontes baratas de nutrientes, comparadas aos fertilizantes químicos e podem ser utilizadas para melhorar a fertilidade do solo.

Um dos motivos da ausência de efeito da adição de doses crescentes dos resíduos agroindustriais, nos três ensaios, é devido à alta fertilidade do solo escolhido para implantação destes (Tabela 15). Observando-se a análise desta área, antes da implantação dos ensaios, constata-se que não corresponde a um solo de baixa fertilidade ou mesmo com alto grau de degradação. Nesta área sob plantio direto, nos três anos anteriores à instalação destes ensaios, foram cultivados soja e milho, em sucessão, obtendo-se uma média de 65 e 135 sacas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Desta forma, é uma área que, pelo seu nível de fertilidade satisfatório, dificulta a visualização de possível efeito dos tratamentos de doses dos resíduos agroindustriais.

**Tabela 15.** Análise química do solo antes da instalação dos experimentos de milho e após sua colheita, na Fazenda São Tomaz - Cachoeirinha, Rio Verde, GO.

pH <sub>CaCl2</sub>		Ca		Mg		Al		K		P <sub>Mel</sub>		Mat. Org.		Soma de Bases		CTC		Saturação de Bases	
Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
5	5,12	1,21	2,50	0,70	0,80	0,08	0,05	100,3	160,88	2,91	14,44	34,10	41,97	2,17	3,66	53,18	49,33	4,07	7,43

## CONCLUSÕES

- 1- A aplicação dos resíduos agroindustriais: torta de filtro, cama-de-frango e dejetos pastoso de suínos incrementa a fertilidade do solo cultivado com milho no Sudoeste Goiano.
- 2- As doses de torta de filtro, cama-de-frango e dejetos pastoso de suínos pastoso, testadas neste trabalho, não resultam em incremento da produção de biomassa seca de parte aérea de milho.
- 3- A inoculação com bactérias e, ou fungos solubilizadores de fósforo, não incrementa a produção de biomassa seca de parte aérea de milho.
- 4- A esporulação de FMA em área de plantio direto cultivada com milho fertilizado com doses crescentes de cama-de-frango, dejetos pastoso de suínos ou torta de filtro não possui relação com as três doses de resíduo testadas ou com os MSF inoculados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADORNA, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. C.; ROSSATO, O. B. Adubação com torta de filtro e micronutrientes no plantio da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 649-657, 2013.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 83-87, 2004.
- CARPIM, L. K.; ASSIS, R. L.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R.; PEREIRA, V. C.; GOMES, G. V.; SILVA, A. G. da. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2813-2819, 2008.
- CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicaseiros no oeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1146-1153, 2006.



CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; JUNIOR, O. J. S. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p. 147-153, 2005.

GERDEMANN, J. N.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U. B.; MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, p. 263-275, 2001

IFA (2005). World Fertilizer Use Manual, [www.fertilizer.org/ifa/publicat] acesso em 16/11/05.

JAIN, R. SAXENA, J. SHARMA, V. Solubilization of inorganic phosphates by *Aspergillus awamori* S19 isolated from rhizosphere soil of a semi-arid region. **Annals of Microbiology**, v. 62, p. 725–735, 2012.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease**, v. 48, p. 692, 1964.

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A.; FARIAS, S. M. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, v. 29, p. 545-552, 2005.

LEMO, L. B.; NAKAGAWA, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; JÚNIOR, W. C.; DA SILVA, T. R. B. Influência da época de semeadura e do manejo da parte aérea de milho sobre a soja em sucessão em plantio direto. **Bragantia**, v. 62, p. 405-415, 2003.

MALAVOLTA, E. Absorção e Transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 1. ed, São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. p. 77 – 97.

MATTOS, J. L. S. de. Gramíneas forrageiras anuais alternativas para a Região do Brasil Central. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 2, p. 52-70, 2003.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p. 101-110, 2008.

DE MELLO, A. H.; ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, V. L. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 293-301, 2006.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, p. 163-183, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras, UFLA, 2006. 625p.

NAHAS, E.; FORNASIERI, D. J.; ASSIS, L. C. Resposta à inoculação de fungo solubilizador de fósforo em milho. **Scientia Agricola**, v. 51, p. 463-469, 1994.

PIKOVSKAYA, R. I. Mobilization of phosphorus in soil connection with the vital activity of some microbial species. **Microbiologiya**, v. 17, p. 362–370, 1948.

REYES, I.; BERNIER, L.; SIMARD, R.R.; ANTOUN, H. 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.

ROSOLEM, C. A.; MATEUS, G. P.<sup>1</sup>; GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C.; BRANCALIÃO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milheto de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 875-884, 2003.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. DE A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.443-449, 2011.

SCHNEIDER, J.; DE OLIVEIRA, L. M.; GUILHERME, L. R. G.; STÜRMER, S. L.; SOARES, C. R. F. S. Espécies tropicais de pteridófitas em associação com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado com arsênio. **Química Nova**, v. 35, p. 709-714, 2012.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1495-1508, 2001.

SILVA, A. F.; FREITAS, A. D. S. de.; STAMFORD, N. P. Efeito da inoculação da soja (Cultivar Tropical) com rizóbios de crescimento rápido e lento em solo ácido submetido à calagem. **Acta Scientiarum**, v. 24, p.1327-1333, 2002.

SOUCHIE, E. L.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. K.; CAMPELLO, E. F. C. AZCÓN, R.; BAREA, J. M. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and Arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ-Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, p. 183-193, 2006.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 975-983, 2006.

SRINIVASAN, R.; AJJANNA R.; ALAGAWADI, A. R.; MAHESH, S.; YANDIGERI, M. S.; MEENA, K. K.; SAXENA, A. K. Characterization of phosphate-solubilizing microorganisms from salt-affected soils of India and their effect on growth of sorghum plants [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Annals of Microbiology**, v. 62, p. 93-105, 2012.

SYLVESTER-BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; LA TORRACA, S.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 12, p.15-22, 1982.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de.; ANDRADE, M. J. B. de.; SILVA, C. A.; PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalaria no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum – Agronomy**, v. 31, p. 647-653, 2009.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. C.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 93-99, 2005.

WAGAMAN, W. H. **Phosphoric acid and phosphatic fertilizers**. Hafner Publishing Company, v. 34, 1969. 683 p.

VIDEIRA, S. S.; ARAÚJO, J. L. S.; BALDANI, V. L. D. **Metodologia para isolamento e posicionamento taxonômica de bactérias diazotróficas oriundas de plantas não-leguminosas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 74p. (EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 234).