

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – *CAMPUS* ARAQUARI**

**GABRIELLA F. DO VALE, HYALLE M. MOURA, JEAN C.V. JUNIOR, LARA S.  
NASCIMENTO**

**SELEÇÃO DE MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EM  
SOLOS COM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO DE  
HORTALIÇAS (*LECTUCA SATIVA L.*).**

**ARAQUARI/SC**

**2017**

**GABRIELLA F. DO VALE, HYALLE M. MOURA, JEAN C.V. JUNIOR, LARA S.  
NASCIMENTO**

**SELEÇÃO DE MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EM  
SOLOS COM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE PRODUÇÃO DE  
HORTALIÇAS (*LECTUCA SATIVA L.*).**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense – *Campus Araquari*, como parte complementar a matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

**ARAQUARI/SC**

**2017**

## RESUMO

Este artigo tem como finalidade mostrar uma alternativa para minimizar à problemática com relação à disponibilização de fósforo para as plantas, visto que os mesmos encontram-se em baixa disponibilidade nos solos, principalmente devido a problemas de fixação após sua aplicação e incorporação aos solos, bem como pela baixa solubilidade dos fosfatos naturais encontrados. Todavia, se tem o conhecimento que determinados microrganismos do solo apresentam potencial de solubilização destas fontes de fósforo, possibilitando a utilização das mesmas de forma mais eficiente pelas plantas. A análise da atividade solubilizadora dos microrganismos se deu em solo coletado da rizosfera de hortaliças (alface) cultivadas em sistema orgânico e convencional de produção, em propriedades rurais localizadas no município de Araquari durante o mês de Junho de 2017. Após a coleta das plantas, as mesmas foram levadas para o laboratório de produção vegetal aonde ocorreu à separação do solo aderido a rizosfera. Em seguida, o mesmo foi peneirado e 10g de solo foi diluída em 90 mL de solução salina esterilizada (0,85%). As amostras dos sobrenadantes foram diluídas nas concentrações de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  sendo, posteriormente, o volume de 1 $\mu$ L de cada diluição inoculado em meio de cultura de GEL (Glicose Extrato de Levedura), contendo fosfatos de cálcio e alumínio. A avaliação da capacidade solubilizadora de fosfatos foi determinada através da formação de um halo transparente ao redor das colônias de microrganismos, sendo o potencial de solubilização avaliado pela relação diâmetro do halo de solubilização/ diâmetro da colônia. Não foi observada a solubilização do fosfato de alumínio pelos microrganismos do solo, sendo a população de microrganismos solubilizadores considerada baixa, provavelmente pelos altos níveis de fósforo encontrados no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fósforo, rizosfera, horticultura, *Lectuca sativa* L., inoculante.

## **ABSTRACT**

The objective of this article is to show an alternative to minimize the problem with the availability of phosphorus to the plants, since they are in low availability in the soils, mainly due to problems of fixation after its application and incorporation to the soils, as well as by the low solubility of the natural phosphates found. However, if it is known that certain soil microorganisms have potential solubilization of these phosphorus sources, making it possible to use them more efficiently by the plants. The analysis of the solubilizing activity of the microorganisms occurred in soil collected from the rhizosphere of vegetables (lettuce) grown in an organic and conventional system of production, in rural properties located in the municipality of Araquari during the month of June 2017. After the collection of the plants, the same were taken to the laboratory of vegetal production where it happened to the separation of the soil adhered to the rhizosphere. Then it was sieved and 10 g of soil was diluted in 90 mL of sterile saline solution (0.85%). Samples of the supernatants were diluted at concentrations of  $10^{-1}$  to  $10^{-6}$ , and then the volume of 1  $\mu$ L of each dilution inoculated into GEL (Yeast Extract Glucose) culture medium containing calcium and aluminum phosphates. The solubilizing capacity of phosphates was determined through the formation of a transparent halo around the colonies of microorganisms, and the solubilization potential was evaluated by the ratio of solubilization halo diameter / colony diameter. The solubilization of aluminum phosphate by soil microorganisms was not observed, and the solubilizing microorganism population was considered low, probably due to the high levels of phosphorus found in the soil.

**KEY WORDS:** Phosphorus, rhizosphere, horticulture, *Lectuca sativa* L., inoculant.

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 CICLO DO FÓSFORO.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2 MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFORO.....</b>	<b>7</b>
<b>4.3 UTILIZAÇÃO E EFEITOS DO FÓSFORO NO SOLO.....</b>	<b>7</b>
<b>4.4 SISTEMA CONVENCIONAL.....</b>	<b>8</b>
<b>4.5 SISTEMA ORGÂNICO.....</b>	<b>9</b>
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>14</b>

## **1 TEMA**

Seleção de microrganismos solubilizadores de fosfato em solo com sistema orgânico de produção de hortaliças.

### **1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Este trabalho apresentará um estudo a respeito da capacidade solubilizadora de fosfatos por microrganismos do solo, bem como do seu potencial em aumentarem a eficiência do uso destas fontes pelas plantas.

A seleção de microrganismos solubilizadores é avaliada com base no seu potencial de solubilização de fosfatos insolúveis, sendo o parâmetro utilizado para determinar este potencial à relação entre o diâmetro do halo de solubilização em relação ao diâmetro da colônia (relação halo/colônia).

A seleção dos microrganismos foi efetuada em solos cultivados com sistema orgânico e convencional de produção de hortaliças (alface), originário de áreas de produção localizadas no município de Araquari, região nordeste do Estado de Santa Catarina.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Selecionar microrganismos com capacidade de solubilizarem fosfatos insolúveis a partir de solo proveniente de cultivo orgânico e convencional de hortaliças.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Quantificar e isolar microrganismos do solo com capacidade de solubilizarem fosfatos insolúveis em meios de cultura;
- Selecionar, com base no potencial de solubilização de fosfatos ( $\text{Ca}^{2+}$ /  $\text{Al}^{3+}$ ) insolúveis, microrganismos com potencial de uso em processos biotecnológicos visando a solubilização de fontes de fósforo insolúveis em cultivos de hortaliças;

- Criar uma coleção de microrganismos solubilizadores de fosfato para dar prosseguimento aos estudos na área dentro do Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari.

### 3 INTRODUÇÃO

Desde 2010, o Brasil ocupa a terceira posição na exportação mundial de produtos agrícolas, ficando atrás somente dos Estados Unidos e de países da União Européia (ESTADÃO, 2010).

No primeiro semestre de 2017, a produção brasileira de hortaliças gerou 57 milhões de dólares em exportações, refletindo um aumento de 12% em relação ao mesmo período do ano anterior (MAPA, 2017; BORGUINI; TORRES, 2006).

No Brasil, em termos de produção agrícola, ocorre a predominância da agricultura convencional, caracterizada pela utilização intensiva de defensivos agrícolas, sementes melhoradas e insumos, a exemplo dos fertilizantes químicos (MERTEN; MINELLA, 2002).

Em contraposição a agricultura convencional, a agricultura orgânica caracteriza-se pela não utilização de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, agrotóxicos e de reguladores de crescimento, havendo um grande apelo populacional pelo consumo de produtos orgânicos, principalmente por causarem menos impacto ao meio ambiente; serem mais saudáveis do ponto de vista nutricional e contribuírem para a manutenção da vida no solo (BRASIL, 2007).

Os microrganismos do solo desempenham uma série de processos biológicos fundamentais para a manutenção e capacidade produtiva dos ecossistemas terrestres (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A atividade dos microrganismos do solo sobre os vegetais traz uma série de efeitos positivos para o crescimento das plantas, a exemplo da produção de ácidos orgânicos, substâncias que desempenham papel fundamental sobre a solubilização de fosfatos, aumentando a eficiência de uso do elemento pelas plantas, visto que o fósforo é um elemento essencial para a nutrição vegetal e que se encontra em baixa disponibilidade na maioria dos solos brasileiros, o que torna necessário o uso de adubos fosfatados para a obtenção de altas produtividades (SOUCHIE, 2006; SOUCHIE, 2007; CHAGAS JR, 2010; RAIJ, 1991).

Estas adubações, na maioria das vezes, são feitas com fontes solúveis, nas quais as quantidades utilizadas são várias vezes superiores às necessidades das culturas, visto que cerca de 80% do fósforo aplicado ao solo torna-se indisponível as plantas após a sua

incorporação devido à formação de complexos insolúveis, principalmente com os íons ferro, cálcio e alumínio (KER, 1997).

Uma grande variedade de microrganismos do solo possui a capacidade de solubilizar fosfatos insolúveis ou de baixa solubilidade, aumentando a disponibilidade do elemento as plantas, com respostas positivas no crescimento e produtividade das espécies (MENDES, 2014; SON, 2006; XIN, 2002).

Além de solubilizarem fosfato de cálcio, predominantes em solos alcalinos, os microrganismos do solo atuam também na solubilização de fosfato de alumínio, de ocorrência comum nos solos ácidos e de baixa fertilidade das regiões tropicais (VESSEY, 2003; CHAGAS JR, 2010).

A avaliação da população de microrganismos solubilizadores de fosfatos, de sua capacidade e potencial de solubilização é importante em programas de manejo de população ou em programas de seleção, visando à produção de inoculantes para o uso na agricultura.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a população de microrganismos solubilizadores de fosfato em solos cultivados com hortaliças e submetidos aos sistemas orgânico e convencional de produção.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Entre as tecnologias desenvolvidas para aperfeiçoar a produtividade vegetal, destacam-se as biotecnológicas. Os sistemas de micropropagação e a utilização de microrganismos benéficos ao crescimento vegetal são exemplos de processos atuais. Um dos fatores que limita o desenvolvimento das culturas é a fertilidade do solo, onde o fósforo representa um dos maiores problemas, por ser um elemento essencial ao desenvolvimento das culturas e por apresentar baixa solubilidade.

### **4.1 CICLO DO FÓSFORO**

O fósforo é um elemento essencial à vida, pois a maioria dos processos metabólicos de qualquer organismo depende da presença desse elemento. Está envolvido nas vias de transferência de energia- nas moléculas de ATP e NADPH; replicação e transcrição do material genético- nas moléculas de DNA e RNA e como constituinte das membranas celulares. A disponibilidade de fósforo no solo está relacionada às transformações químicas e biológicas desse elemento. A decomposição da matéria orgânica por microrganismo é a

principal fonte de manutenção do ciclo. Eles mobilizam uma parcela do fósforo mineralizado e liberam a maior parte para a solução do solo. A quantidade de fósforo disponível em solução é muito menor que as existências nas outras frações, correspondendo, em média, a 0,01% do total (BRADY, 1989). Quando se aplicam fertilizantes solúveis, os íons fosfato são inicialmente liberados na solução do solo e fica em equilíbrio com a fração lábil, que repõe o fósforo à medida que as plantas o utilizam. Da fração lábil, os íons fosfatos são convertidos a fosfatos insolúveis, por adsorção na superfície de um sólido ou por precipitação. O fosfato progressivamente da fração lábil em não lábil, tornando-se cada vez menos disponível às plantas (MALAVOLTA; PONCHIO, 1987). A fração lábil é pequeno e extremamente lento, mas pode ser otimizando e acelerado por mecanismos de solubilização pela microbiota do solo. Além de baixa solubilidade, a concentração de fósforo no solo é afetada pelas perdas por erosão. Em todo o mundo, estima-se que cerca de 3,5 milhões de toneladas de fósforo atinjam os oceanos a cada ano, causando sérios desequilíbrios, devido aos processos de eutrofização (MALAVOLTA, 1992).

#### 4.2 MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO

Vários são os microrganismos no solo que apresentam capacidade de solubilizar nutrientes de formas pouco solúveis, atuando na disponibilização de elementos essenciais para o crescimento vegetal, a exemplo do fósforo, por meio de mecanismos de solubilização ligados principalmente à produção de ácidos orgânicos (NARLOCH, 2002). A inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfato tem sido sugerida como forma de substituir ou diminuir o uso de fertilizantes fosfáticos solúveis, mediante um melhor aproveitamento dos fosfatos naturais existentes ou adicionados ao solo e dos formados pela aplicação de fontes solúveis (KIM, 1998). Para serem utilizados num programa de inoculação controlada, os microrganismos devem apresentar, entre outras características, grande capacidade e alto potencial de solubilização de fosfatos, ou seja, devem solubilizar vários tipos de fosfatos e com alta intensidade.

#### 4.3 UTILIZAÇÃO E EFEITOS DO FÓSFORO NO SOLO

A maior parte do fósforo existente nos solos se encontra sob formas indisponíveis aos vegetais. Uma parcela se encontra na matéria orgânica e depende dos processos de mineralização e baixa concentração de fósforo, este elemento é imobilizado pelos

microorganismos do solo (RAIJ, 1982). Um dos fatores que afetam o crescimento vegetal é a disponibilidade de nutrientes, exclusivamente o fósforo, para suprir essa carência, é utilizado fosfatos solúveis em dosagens superiores as necessidades das culturas, pois a maior parte do fósforo aplicado ao solo não é prontamente disponível as plantas (BRAGA, 1991).

O fósforo é um elemento essencial á vida, pois a maioria dos processos metabólicos de qualquer organismo depende da presença desse elemento. Está envolvido nas vias de transferência de energia nas moléculas de ATP e NADPH; na replicação e transcrição do material genético nas moléculas de DNA e RNA; e como constituinte das membranas celulares. A disponibilidade de fósforo no solo está relacionada às transformações químicas e biológicas desse elemento. A decomposição da matéria orgânica por microrganismo é a principal fonte de manutenção do ciclo, em que o fósforo orgânico pode representar até 3% da matéria orgânica do solo (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Devido à baixa solubilidade dos compostos fosfatados e à baixa quantidade de água que o solo retém, a quantidade de P em solução é pequena em relação ao P solúvel. O fósforo encontra-se na fase líquida do solo na forma de  $H_2PO_4$  (muito solúvel e comum em solos ácidos),  $HPO_4^{2-}$  (solúvel e comum em solos com pH próximo de 7) e  $PO_4^{-3}$  (pouco solúvel e comum em solos alcalinos). Essas formas têm origem na mineralização de nove minerais como a apatita  $Ca_3(PO_4)_2$ , na decomposição de resíduos de origem animal e vegetal (fosfolipídios) e na aplicação de adubos  $Ca(H_2PO_4)_2$ . Nos solos ácidos, existe Al que se combina rapidamente com as formas solúveis de P, tornando-as insolúveis e não assimiláveis pelas raízes das plantas (AWAD; CASTRO, 1983).

#### 4.4 SISTEMA CONVENCIONAL

O sistema convencional introduz materiais e métodos que afetam o meio ambiente, assim como a qualidade dos alimentos. Ainda que a produtividade seja alta, esta técnica tem custos mais elevados. Dentre os materiais que causam impacto negativo no ecossistema estão os adubos minerais solúveis, cujo uso indiscriminado pode, com o passar do tempo, causar aumento da salinidade e o enriquecimento das águas subterrâneas. Além disso, a contaminação com agrotóxicos, aliada à técnicas de irrigação e mecanização num manejo intensivo do solo, exposição a incidência direta dos raios solares, falta de reposição adequada de matéria orgânica, diminuição da biomassa microbiana, terminam acarretando o empobrecimento deste solo em cultivo sucessivo (PRIMAVESI, 1992), reduzindo a produtividade ao longo do tempo e aumentando o uso de insumos industriais

(SRIVASTAVA; SINGH, 1991), aumentando a erosão, a compactação e a destruição dos agregados do solo, promovendo reduções nos teores de matéria orgânica, o principal componente de fertilidade do solo (SILVA, 1994). Desta forma, o sistema convencional trouxe sérias consequências no aspecto químico, físico e biológico, assim como na qualidade de alimentos (PARR, 1990).

#### 4.5 SISTEMA ORGÂNICO

Este sistema é uma alternativa ao sistema convencional, onde se busca produzir com menor dependência e, se possível, sem a presença de agrotóxicos, removendo o fator determinante do sistema convencional em relação à incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, minimizando esses problemas com a diversificação e rotação de culturas para melhor produtividade. Assim, na agricultura orgânica, utiliza-se, como manejo, a adubação orgânica que é representada por toda incorporação de vegetais/restos e animais/resíduos no horizonte “A” do solo. Essa modalidade de agricultura oferece muitas vantagens além da econômica, pois funciona como fornecedora de nutrientes para as plantas e melhora as condições físicas e biológicas do solo. É interessante frisar que o excesso de adubação com esterco de animais pode criar problemas de contaminação dos lençóis subterrâneos de água (FISCHER, 1992).

### 5 METODOLOGIA

A avaliação da população de microrganismos solubilizadores de fosfatos em solos com sistemas orgânico e convencional de produção de hortaliças foi realizada em solo coletado da rizosfera de plantas de alface, variedade Brava (*Lectuca Sativa L.*), cultivadas no município de Araquari, região nordeste do Estado de Santa Catarina, com coordenadas a uma latitude 26°22'12" sul e uma longitude de 40°43'20" oeste.

Os solos da região são classificados como Neossolos Quartzarênicos, que apresentam como características serem solos minerais, derivados de sedimentos arenoquartzosos e sedimentos marinhos. Normalmente, são solos profundos a muito profundos, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 150 cm de profundidade. São excessivamente drenados, com menos de 4% de minerais primários facilmente intemperizáveis e pouco desenvolvidos devido à baixa atuação dos processos pedogenéticos e resistência do material de origem ao intemperismo (EMBRAPA, 2017).

As amostras de solo foram coletadas de plantas aos 45 dias de cultivo durante o mês de Junho de 2017. Após a coleta das plantas, as mesmas foram levadas para o laboratório de Produção Vegetal do Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari para a realização do procedimento de separação do solo da região da rizosfera.

Para a realização do procedimento, o sistema radicular foi separado da parte aérea da planta, sendo em seguida agitado até que permanecesse somente o solo aderido à região da raiz (rizosfera). Em seguida, o solo foi peneirado em peneira (tamiz) de malha 8 (mesh) com abertura de 2,36 mm para desagregação, separação dos torrões e homogeneização.

Para a determinação da população de microrganismos solubilizadores de fosfato, utilizou-se 10 g de solo de cada um dos sistemas de cultivo avaliados, diluídos em 90 mL de solução salina esterilizada (0,85 %), seguido de agitação por um período de 5 minutos. Amostras do sobrenadante foram diluídas sucessivamente nas diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ .

De cada diluição, foram transferidas alíquotas de 100  $\mu$ L para placas de petri autoclavadas, sendo, em seguida, adicionado o meio de cultura a temperatura de 45 °C. Como tratamento testemunha foi efetuado o plaqueamento com alíquotas de 100  $\mu$ L de solução salina esterilizada.

Utilizou-se o meio de cultura GEL (Glicose Extrado de Levedura) modificado por SILVA FILHO (1998), contendo fosfatos de cálcio ou alumínio, seguido de incubação a 30 °C por 72 horas.

As fontes de fósforo foram adicionadas ao meio na concentração de 0,89 g L<sup>-1</sup> de fósforo. O fosfato de cálcio foi obtido pela adição de 1 mL de uma solução de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> a 5% e 1 mL de uma solução de CaCl<sub>2</sub> a 10% por 10 mL de meio. O fosfato de alumínio (fosfato de alumínio básico, P.A.) foi adicionado na forma de suspensão na proporção de 3,5 g L<sup>-1</sup> de meio.

Após o período de incubação foi verificada a presença de área solubilizada (capacidade de solubilizar fosfato por parte dos isolados) e feita a medição do diâmetro desta área e da colônia com o auxílio de régua milimetrada. Considerou-se com área solubilizada a verificação de descoloramento da área ao redor da colônia em crescimento.

A partir destes dados, foi obtida a relação entre os diâmetros do halo e o da colônia, utilizado na avaliação do potencial de solubilização das fontes de fósforo avaliadas, sendo que, quanto maior o valor desta relação, maior o potencial de solubilização do isolado selecionado.

O experimento foi conduzido em um esquema inteiramente casualizado, com 6 repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 4 placas de Petri.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população de microrganismos do solo e de microrganismos solubilizadores de fosfato variou entre os sistemas de cultivo e as fontes de fósforo avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. População de microrganismos e de microrganismos solubilizadores de fosfato em cultivo de alface nos sistemas convencional e orgânico de produção. Araquari, 2017.

<b>Sistema de Cultivo</b>	<b>Fonte de Fósforo</b>	<b>População microrganismos solo</b>	<b>População microrganismos solubilizadores</b>
<b>Cultivo Orgânico</b>	Fosfato de Cálcio	$2,4 \times 10^4$ UFC/g.solo <sup>-1</sup>	$5,0 \times 10^2$ UFC/g.solo <sup>-1</sup>
<b>Cultivo Convencional</b>	Fosfato de Cálcio	$1,9 \times 10^4$ UFC/g.solo <sup>-1</sup>	$2,5 \times 10^2$ UFC/g.solo <sup>-1</sup>
<b>Cultivo Orgânico</b>	Fosfato de Alumínio	$2,2 \times 10^4$ UFC/g.solo <sup>-1</sup>	-
<b>Cultivo Convencional</b>	Fosfato de Alumínio	$1,7 \times 10^4$ UFC/g.solo <sup>-1</sup>	-

Comparando os valores relativos à população de microrganismos totais nos solos cultivados nos sistemas orgânico e convencional de produção, observa-se que a população no solo submetido ao sistema orgânico de produção, com valores médios de  $2,3 \times 10^4$  UFC/g.solo<sup>-1</sup>, foi superior à do solo submetido ao sistema convencional de produção com  $1,8 \times 10^4$  UFC/g.solo<sup>-1</sup>.

A superioridade na população de microrganismos do solo no sistema orgânico sobre o sistema convencional de produção pode ser explicada pelo fato de que nos sistemas de cultivo orgânico, observa-se uma melhora na qualidade do solo para o desenvolvimento dos microrganismos, como por exemplo, pelo acúmulo de matéria orgânica, com conseqüente incremento no fornecimento de nutrientes aos microrganismos, além da proteção física fornecida pela estruturação do solo (EVANGELISTA, 2013).

Nenhum isolado apresentou capacidade em solubilizar o fosfato de alumínio adicionado ao meio de cultura, somente o fosfato de cálcio e em ambos os sistemas de cultivo (Tabela 1).

Os isolados que solubilizaram o fosfato de cálcio adicionado ao meio apresentaram relação halo/colônia variando de 0,2 a 2,8. Variações no potencial de solubilização de fosfato por microrganismos do solo têm sido observadas por vários autores (SILVA FILHO & VIDOR, 2001; SILVA FILHO & VIDOR, 2000; SILVA FILHO, 1998).

Nenhum dos isolados foi capaz de solubilizar o fosfato de alumínio. Esse fato pode ser explicado pelo pH final do meio de cultura, que geralmente é mais baixo na presença do fosfatos de alumínio em relação ao fosfato de cálcio.

A solubilização de fosfato pela liberação de ácidos orgânicos, a exemplo do ácido oxálico, acaba por acarretar a acidificação do meio (CHUANG, 2007).

Em condições de baixo pH, os compostos formados pela precipitação do fósforo com o íon alumínio tornam-se mais estáveis (NOVAIS; SMYTH, 1999). Por outro lado, os compostos da precipitação de fósforo e o íon cálcio apresentam maior solubilidade nessas condições (MASSENSINI, 2008).

Outros autores, a exemplo de ILLMER (1999), destacam que o fósforo liberado dos minerais de argila com  $AlPO_4$  podem contribuir para o aumento dos níveis de  $Al^{3+}$  tóxico, vindo a acarretar na supressão da atividade solubilizadora dos microrganismos no meio de cultura em que foi adicionado o fosfato de alumínio.

Avaliando a população de microrganismos solubilizadores, observa-se que os valores, que ficaram ao redor de  $2,5 \times 10^2$  UFC/g.solo<sup>-1</sup> são bastante baixos,

ARBIETO (2001), em experimento avaliando a capacidade e o potencial de solubilização de fosfatos de cálcio e alumínio em cultivo de hortaliça em sistemas orgânico e convencional de produção no município de Antônio Carlos, Estado de Santa Catarina, obteve população de  $4,7 \times 10^6$  UFC/g.solo<sup>-1</sup> no sistema orgânico e de  $3,8 \times 10^6$  UFC/g.solo<sup>-1</sup> no sistema convencional, valores bastante superiores aos obtidos neste experimento.

Os baixos valores da população de microrganismos solubilizadores de fosfato podem ser atribuídos ao alto teor de fósforo encontrado no solo, em torno de  $22 \text{ mg/dm}^3$ , considerados altos para a cultura de acordo com o manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Alves et al (2002), em experimento avaliando o comportamento de microrganismos solubilizadores de fosfato em promover a nutrição e o crescimento de *Pinus*, observou que as condições do meio são determinantes para a seleção de microrganismos com habilidades distintas, e que nos caso dos microrganismos solubilizadores de fosfato, em condições de alto nível de fertilidade, em que o teor de fósforo não é limitante ao crescimento das plantas, a atividade solubilizadora dos microrganismos é nula, o que pode explicar os resultados obtidos neste experimento.

## 7 CONCLUSÃO

A população de microrganismos do solo foi superior no sistema orgânico de produção, comprovando os efeitos positivos da matéria orgânica sobre a microbiota do solo.

Em relação à solubilização de fosfatos, não foi observada atividade de microrganismos solubilizadores sobre o fosfato de alumínio. Este fato pode ser atribuído aos altos níveis de  $Al^{3+}$  presente no meio após iniciado o processo de solubilização da fonte, o que pode ter inibido a atividade solubilizadora.

Houve atividade solubilizadora por parte dos microrganismos somente sobre o fosfato de cálcio, sendo que a baixa atividade solubilizadora pode ser atribuída aos níveis de fósforo encontrados no solo, considerados altos.

No qual, um de nossos objetivos (específicos) não foi possível ser concluído pelo fato de não termos uma disponibilidade adequada para fins.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L., MENDOZA, E., & SILVA FILHO, G. N. Microorganismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de Pínus e Eucalipto. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, n. 4, 2002.
- ARBIETO, E. **Microorganismos solubilizadores de fosfato em cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Departamento de Microbiologia e Parasitologia. Universidade Federal de Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Agronomia. 62p., 2001.
- AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia Vegetal**. Livraria Nobel S.A SP 1983.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. **Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, n. 2, p. 64-75, 2006.
- BRADY, N.C. - **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989, P. 898.
- BRAGA, N. R.; MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A.; RAIJ, B. van; FEITOSA, C. T.; HIROCE, R. **Eficiência agroquímica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja. Revista Brasileira de química do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, P. 315-319, 1991.
- BRASIL, 2007. **DECRETO Nº 6.323, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2007**. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Brasília, 27 de dezembro de 2007.
- CHAGAS JUNIOR, A., DE OLIVEIRA, L. A., NASCIMENTO DE OLIVEIRA, A., & WILLERDING, A. L. (2010). **Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, 2010.
- CHUANG, C.C.; KUO, Y.L.; CHAO, C.C.; CHAO, W.L. **Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by *Aspergillus niger*. Biology and Fertility of Soils**, v.43, p.575-584, 2007.

EMBRAPA. Disponível em: [www.agencia.cnptia.embrapa.br/](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/) Acessado em Out. 2017 às 16h00.

ESTADÃO. O Estado de São Paulo. São Paulo. Disponível em: [www.economia.estadao.com.br/](http://www.economia.estadao.com.br/) Acesso em: Out. de 2017 às 15h00.

EVANGELISTA, C. R., PARTELLI, F. L., FERREIRA, E. D. B., & PIRES, F. R. **Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional.** Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.

FISCHER, G.R. **Menos veneno no prato, alternativas aos agrotóxicos.** Florianópolis S.C., 1992.

ILLMER, P., BARBATO, A., SCHINNER, F. **Solubilization of hardly soluble  $AlPO_4$  with P-solubilizing microorganisms.** Soil Biology and Biochemistry, v. 27, p. 265–270, 1995

KER, J.C. Latossolos do Brasil: Uma revisão. **Geonomos**, p.17-40, 1997.

KIM, K.Y.; JORDAN, D.; MCDONALD, G.A. - **Efeito de bactérias solubilizantes de fosfato e micorrizas vesicular-arbuscular no crescimento de tomate e na atividade microbiana do solo.** Biol. Fertil. Soils, p.79-87, 1998.

MALAVOLTA, E. - **Fertilizantes corretivos e produtividade: mitos e fatos.** 20, Piracicaba, 1992. - Adubação, produtividade e ecologia: simpósios. Campinas, Fundação Cargill, 1992. p.89-154.

MALAVOLTA, E. & PONCHIO, C.O. - **Utilização eficiente do fósforo no sistema solo-Planta.** São Paulo, 1987. Anais. São Paulo, IBRAFOS, 1987. p.75-132.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrostat. Brasília. Disponível em: [www.agrostat2.agricultura.gov.br/](http://www.agrostat2.agricultura.gov.br/) Acesso em: Out. de 2017 às 17h00.

MASSENSINI, A. M., COSTA, M. D.; REIS, M. R., SILVA, A. **Atividade de isolados bacterianos solubilizadores de fosfato na presença de formulações comerciais de glyphosate.** *Planta Daninha*, v. 26, n. 4, p. 815-823, 2008.

MERTEN GH, MINELLA JP. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** *Agroecol Desenvol Rur Sustent* 2002;3(4):33-8

MOREIRA, F.M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: UFLA. 729p, 2006.

NARLOCH, C.; OLIVEIRA, V.L.; ANJOS, J.T.; SILVA FILHO, G.N. - **Respostas da cultura do rabanete à inoculação de fungos solubilizadores de fosfatos.** *Pesq. Agropec. Bras.* p. 841-845, 2002.

NOVAIS, R. F., & SMYTH, T. T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** 1999. Viçosa, MG: UFV.

PARR, J. F. et al. *Agricultura sustentável nos Estados Unidos.* **Sistemas agrícolas sustentáveis.** Flórida, p. 50-67, 1990.

PRIMAVESI, A M.: **Agricultura sustentável,** Nobel, São Paulo, 1992.

RAIJ, B.van. - **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo/Piracicaba, Ceres/POTAFOS, 1991.

RAIJ, B.van; ROSAND, P.C.; LOBATO, E., eds. - **Adubação fosfatada no Brasil. In: Adubação fosfatada no Brasil.** Brasília, EMBRAPA, 1982. P. 9-28.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. **Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 2, 2000.

SILVA FILHO, G.N. **Solubilização de fosfatos pela microbiota do solo.** 1998. 140 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA FILHO, Germano Nunes; VIDOR, Caio. **Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio.** Pesquisa Agropecuária Brasileira: 1977. Brasília. Vol. 36, n. 12 (dez. 2001), p. 1495-1508, 2001.

SILVA, I. E.; LEMAINSKI, J.; RESK, D. V. S. **Perdas da matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região dos cerrados do oeste baiano.** Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.18, p. S41 - 547, 1994.

SIQUEIRA, J, O; FRANCO, A. **A Biotecnologia do solo – Fundamentos perspectivas.** Brasilia, MEC - FAEPE - ABEAS, 236 p. 1988.

SON, H.J., PARK, G.T., CHA, M.S. & HEO, M.S. **Solubilização de fosfatos inorgânicos insolúveis por um novo pé e Pantoea agglomerans R-42 tolerante ao pH, isolado a partir de rizosfera de soja.** Bioresource Technology. p.204-210, 2006.

SOUCHIE, E. L.; ABOUD, A. C.S.; CAPRONI, A. L. **Solubilizadores de fosfatos in vitro por microrganismos rizosféricos de guandu.** Bioscience Journal, 23, 53-60, 2007.

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, 41, 1405-1411, 2006.

SRIVASTAVA, S.C.; SINGH, J.S. **C microbial, N e P em solo de floresta tropical seca: efeitos de uso alternativo de terra e fluxo de nutrientes.** Biologia do Solo e Bioquímica. Oxford v.23, n. 2, p.117-124, 1991.

VESSEY, J. K. **Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers.** Plant and soil, 255(2), 571-586, 2003.

XIN, C., JIAN-JUN, T., ZHI-GUO, F. & SHUI-JIN, H. **Micróbios solubilizantes de fosfato em solos de rizósfera de 19 ervas daninhas no sudeste da China.** Journal of Zhejiang. Ciência universitária. p.355-361, 2002.