

Micro-organismos solubilizadores de fosfatos em fertilizantes organominerais para incremento da produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Matheus Vinicius Abadia Ventura¹, Estevam Matheus Costa², Leandro Spíndola Pereira³, Rodrigo Braghiroli¹, Hellen Regina Fernandes Batista-Ventura¹ & Edson Luiz Souchie¹

¹ Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil

² Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano, GAPES, Rio Verde, Goiás, Brasil

³ Instituto Goiano de Agricultura, IGA, Montividiu, Goiás, Brasil

Correspondência: Matheus Vinicius Abadia Ventura, Instituto Federal Goiano, IF Goiano Rio Verde, Rio Verde, Brasil. E-mail: matheusvinicius10@hotmail.com

Recebido: Abril 15, 2023

Aceito: Junho 28, 2023

Publicado: Dezembro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i12.379

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i12.379>

Resumo

Com este trabalho, avaliou-se a interação dos micro-organismos solubilizadores de fosfato associados a composições de fertilizantes organominerais, visando incrementar a nutrição e a produtividade de feijão-caupi em campo. O ensaio foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas no esquema 7 x 3, com quatro repetições, sendo que no fator primário, foram considerados os tratamentos de adubação: cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro e fuligem (organominerais), superfosfato triplo com enxofre e superfosfato triplo sem enxofre (fertilizantes químicos industrializados), além do tratamento controle (ausência de fertilizante). Como segundo fator, foram considerados os tratamentos de inoculação: *Bradyrhizobium* spp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos MBSF2, pertencente à Coleção de Micro-organismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano e ausência de inoculação. O solubilizador MBSF2 no organomineral com base de fuligem demonstrou melhores respostas em relação ao comprimento de parte aérea aos 50 DAE. As variáveis diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e da raiz de feijão-caupi são favorecidas com a inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e cultivo com organomineral a base de cama de aviário aos 50 DAE. O diâmetro de caule foi favorecido pela adição de organomineral à base de torta de filtro combinado com ambos os inoculantes, assim como o número de nódulos incrementado com este organomineral, aliado à inoculação com *Bradyrhizobium* spp.

Palavras-chave: nutrição fosfatada, feijão-caupi, solubilização biológica de P.

Phosphate solubilizing microorganisms in organomineral fertilizers to increase the productivity of *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Abstract

This work aimed to evaluate the interaction between P-solubilizing microorganisms and organomineral fertilizers in order to increase the cowpea nutrition and yield under field conditions. One field trial was carried out in a randomized complete block design arranged in subdivided plots (7 x 3) with four replicates. The organominerals (poultry litter, swine manure, filter cake and soot from chimneys) as well as triple superphosphate (TSP) with and without sulfur and the control treatment (no fertilizer addition), were considered the primary factor. The secondary factor was constituted by inoculation of *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), one P-solubilizing bacteria (MBSF2) as well as no inoculation treatment. The MBSF2 inoculation combined to the soot organomineral increased the shoot length at 50 DAE. The stem diameter, shoot and root dry matter at 50 DAE were increased by *Bradyrhizobium* spp. inoculation and poultry litter. Also, the stem diameter was increased using filter cake organomineral and both inoculants. The nodules number was also increased by use of that organomineral combined to *Bradyrhizobium* spp.

Keywords: phosphate nutrition, cowpea, biological phosphate solubilization.

1. Introdução

O feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., também conhecido como feijão- macassar ou feijão-de-corda é uma leguminosa granífera, pertencente à família Fabaceae, socioeconomicamente importante no Brasil que complementa o abastecimento de alimentos e emprega muitos trabalhadores agrícolas (Sá et al., 2017). É uma leguminosa de ampla distribuição mundial, principalmente localizada em regiões tropicais, ambientes semelhantes à África, seu continente de origem (Silva et al., 2017).

O feijão-caupi possui cerca de 56,8% de carboidratos, 1,3% de gorduras, 3,9% de fibras e 23,4% de lipídeos em média na composição do grão (Oliveira et al., 2015). De acordo com Silva et al. (2002), seus grãos possuem um teor proteico da ordem de 20 a 30%. É rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína.

Dentre os principais fatores pela baixa produtividade do feijão-caupi é o déficit hídrico, assim como restrição de nitrogênio (N) e fósforo (P) (Pereira Junior et al., 2015), dessa forma, faz-se necessário realizar adequada adubação para maximizar a absorção de nutrientes da planta, assim como a inoculação de diazotróficos e micro-organismos solubilizadores de fosfatos.

Os fertilizantes organominerais são resultados da mistura física ou combinação de fontes minerais e orgânicas, como restos de culturas e subprodutos da indústria (Royo, 2010), sendo uma opção agrícola promissora. A sua formulação varia, uma vez que é influenciada pela quantidade de resíduos orgânicos e fontes minerais utilizadas na sua composição (Oliveira et al., 2017), mas é necessário observar a legislação (MAPA, 2009).

As formas atuais de adubação fosfatada consistem na aplicação de fertilizantes minerais de alto custo, que requer aplicação de dosagens elevadas por causa da perda por adsorção nas partículas de argila (Massenssini et al., 2016). Dessa forma, os fertilizantes organominerais apresentam características benéficas pela presença da matéria orgânica, em relação aos fertilizantes minerais, pois a mistura de fonte orgânica com uma fonte mineral pode aumentar a eficiência dos fertilizantes minerais e os efeitos dos nutrientes (Kiehl, 2013). Além disso, a fonte orgânica amplia a proteção dos nutrientes (Martins et al., 2017).

A fonte orgânica dos organominerais aumenta a atividade microbiana do solo (Severino et al., 2004; Cardoso, 2017), e também pode favorecer o uso de fontes fosfatadas pouco solúveis (Massenssini et al., 2016). O uso de resíduos orgânicos de micro-organismos com capacidade de solubilizar fosfatos é considerada uma alternativa ecológica e viável (Khan et al., 2007; Zaidi et al., 2009; 2017), já que os micro- organismos influenciam a fertilidade do solo e a produtividade das culturas agrícolas (Miransari, 2011), pela liberação de fosfatos solúveis, em decorrência da dissolução de fósforo ou ação quelante sob íons ligados que indisponibilizam o fósforo. Algumas espécies do gênero *Bradyrhizobium*, além de fixadoras de N, podem inclusive solubilizar fosfatos (Oliveira-Longatti et al., 2014). Além disso, as bactérias solubilizadoras de P também podem disponibilizar enxofre à planta (Eira, 1992).

A capacidade de selecionar micro-organismos solubilizadores de fosfatos insolúveis (Chaiarn & Lumyong, 2011; Azziz et al., 2012; Bolle et al., 2013) e solúveis é possível pelo índice de solubilização em placas de Petri em ensaios de laboratório. Sendo estes micro-organismos, sugeridos para o melhor aproveitamento desses fosfatos, favorecendo a nutrição e, ou produtividade de diversas culturas de interesse agrônômico, principalmente associados a fertilizantes orgânicos, tais como cama de aviário, dejetos de suínos, torta de filtro e fuligem.

O principal nutriente em deficiência nos solos brasileiros é o P, sendo necessária a realização de adubação fosfatada que associada a calagem, são as técnicas fundamentais para aumentar a produtividade das culturas (Melo et al., 2017), já que a cultura do feijão é conhecida por ser responsiva ao P (Magalhães et al., 2017). O P é o macronutriente extraído em menor quantidade pelo feijão-caupi (Melo et al., 2017), mas é o nutriente mais limitante para a produtividade (Sampaio & Brasil, 2009; Dalchiavon et al., 2017), pela sua baixa disponibilidade e mobilidade no solo (Santos et al., 2008; Taktek et al., 2015; Sá et al., 2017).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a interação dos micro-organismos solubilizadores de fosfato associados as diferentes composições de fertilizantes organominerais, visando incrementar a nutrição e produtividade de feijão-caupi.

2. Material e Métodos

Na Área Experimental do IF Goiano – Campus Rio Verde, GO foi conduzido um experimento com feijão-caupi. A localização está situada na latitude 17° 48' 28" S e longitude 50° 53' 57" O, com altitude média de 720 m. O clima da região é classificado

(Köppen) como Aw (tropical), com seca de maio a setembro e com chuvas de outubro a abril. A temperatura média anual é de 27,5°C e a média anual da precipitação pluviométrica é de 1.650 mm. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química das amostras de solo coletadas na área de implantação do experimento com feijão-caupi, Rio Verde, GO.

pH	P	K	S	Al	Ca	Mg	SB	M.O.	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	--- mg dm ⁻³ ----			----- cmol _c dm ⁻³ -----			g dm ⁻³		----- % -----			
5,22	5,65	310	5,05	0,05	4,9	2,1	7,75	49,15	53,5	37,5	8,5	53

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a BRS Imponente. A semeadura foi feita em 25 de março de 2018 e a colheita em 11 de junho de 2018. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no esquema 7 x 3, com quatro repetições, sendo que no fator primário, foram considerados os tratamentos de adubação: cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro e fuligem (organominerais), superfosfato triplo com enxofre e superfosfato triplo sem enxofre (fertilizantes químicos industrializados), além do tratamento controle (ausência de fertilizante). Como segundo fator, foram considerados os tratamentos de inoculação: *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi[®]), inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos MBSF2, pertencente à Coleção de Micro-organismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano e ausência de inoculação.

Para padronizar a concentração do inoculante de solubilizador de P, o isolado MBSF2 foi repicado em caldo nutriente por 24 horas. Na sequência, foi coletado 1 mL do inoculante, feitas diluições até 10⁻⁸, plaqueamento e incubação por 5 dias, a 35°C. A densidade óptica (DO) do inóculo foi determinada em espectrofotômetro (DO=1), que corresponde a 3,8 x 10⁶ UFC mL⁻¹. O inoculante fixador de nitrogênio *Bradyrhizobium* (SEMIA 6462), obtido do produto comercial Simbiose Nod Caupi[®], foi inoculado na concentração 1 x 10⁹ UFC mL⁻¹.

Os resíduos orgânicos foram secados em estufa, a 65°C, por 7 dias. Após secados, foram triturados e passaram em uma peneira com granulometria de 0,58 mm. O material que não passou na peneira, foi novamente triturado e peneirado, até atingir a granulometria necessária. O superfosfato triplo (STP) e o enxofre (S) também foram triturados e peneirados, seguindo os mesmos procedimentos dos resíduos orgânicos.

As misturas foram nas quantidades de 57% de resíduo orgânico, 38% de STP e 5% de S. Além disso, STP com S foi formulado nas quantidades de 95% de STP e 5% de S, e STP sem S foi formulado com 100% de STP. Todas as fontes de resíduos orgânicos foram incorporadas ao STP. Por fim, foram granulados em um granulador giratório com 46 rpm, em ângulo de 60°.

No experimento, foram utilizadas parcelas de 6 linhas de 4 m lineares com o espaçamento entre plantas de 0,45 m. Antes do plantio, foi feita uma gradagem na área e, em seguida, os sulcos foram feitos com semeadora adubadora e o plantio realizado com semeadora manual. Para o controle de plantas daninhas, foi feita aplicação de glifosato, uma semana antes do plantio. Trinta dias após o plantio, foi feita capina manual. No plantio, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de P2O5.

Aos 25 dias após a emergência (DAE) (fase vegetativa) e aos 50 DAE (fase reprodutiva), a partir de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada parcela, foram avaliados: número de nódulos; massa seca de nódulos; massa seca da parte aérea e da raiz (secadas em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, a 65°C); comprimento de parte aérea e diâmetro de caule. Na colheita, a partir de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada parcela, foram realizadas as seguintes avaliações: número de vagens por planta; número de grãos por vagem; peso de mil sementes; produtividade de grãos a 13% de umidade; teor de N e P em grãos (Silva, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (5%). Para avaliar o teor de P em grãos, os dados foram transformados (x + 1)^{0,5}.

3. Resultados e Discussão

Não foram observados efeitos na interação, avaliando-se a comprimento de parte aérea, massa seca da raiz e de

nódulos aos 25 DAE. Em relação ao diâmetro de caule, houve interação entre os tratamentos de inoculação e de adubação, especificamente, a inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e com solubilizador de fosfatos incrementou esta variável combinados com torta de filtro (Tabela 2). Avaliando-se o número de nódulos aos 25 DAE, a interação demonstrou que o tratamento com inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e o organomineral com dejetos suíno possibilitou maiores médias que a inoculação com MBSF2 e o tratamento sem inoculação (Tabela 2). Quando não houve inoculação, os tratamentos adubação combinado com fuligem, STP e STP+S foram observados maiores médias, na variável massa seca da parte aérea (Tabela 2).

Além disso, todos os organominerais testados, aliados à inoculação com *Bradyrhizobium* spp. incrementaram esta variável comparado aos tratamentos com STP e sem adubação (Tabela 2). Não foram observados efeitos para a comprimento de parte aérea, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e de nódulos aos 25 DAE, avaliando-se os tratamentos principais isolados

Tabela 2. Diâmetro de caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e números de nódulos (NN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.

Tratamentos de adubação	DC (mm)			MSPA (g planta ⁻¹)			NN (nódulos planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	4,3 aA	4,3 aA	3,9 aA	1,6 aA	1,5 aA	1,1 bA	43,3 aA	34,6 aB	28,1 aB
CAMA	4,7 aA	4,2 aA	4,2 aA	1,6 aA	1,5 aA	1,3 bA	37,9 aA	30,9 aA	29,7 aA
TORTA	4,2 aA	4,4 aA	3,8 aB	1,5 aA	1,5 aA	1,2 bA	40,0 aA	36,4 aA	32,3 aA
FULIGEM	4,5 aA	3,9 aA	4,3 aA	1,7 aA	1,2 aA	1,6 aA	38,1 aA	41,5 aA	30,5 aA
STP	4,3 aA	4,4 aA	4,1 aA	1,5 aA	1,6 aA	1,4 aA	29,1 bA	36,0 aA	30,5 aA
STP+S	4,3 aA	4,0 aA	4,2 aA	1,7 aA	1,3 aA	1,7 aA	39,7 aA	39,2 aA	34,8 aA
S/ADUB.	4,3 aA	4,0 aA	4,0 aA	1,5 aA	1,5 aA	1,4 bA	27,6 bA	27,9 aA	34,9 aA
CV A (%)	16,58			51,51			31,91		
CV B (%)	7,89			16,06			25,26		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Neste trabalho, foi constatado o benefício da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. e com solubilizador de fosfato MBSF2 aliado à aplicação de torta de filtro. González et al. (2014) concluíram que a torta de filtro enriquecida propicia aumento da diversidade microbiana no solo. Igualmente, González et al. (2013) ao trabalhar com milho, observaram acréscimo no aumento do diâmetro do colmo na presença de torta de filtro e inoculação de bactérias solubilizadoras de P.

A massa seca da parte aérea se destacou nos tratamentos com STP e STP+S, aliados ao organomineral à base de fuligem. Tal resultado pode estar associado a liberação rápida dos nutrientes da parte mineral, sendo que quando há a presença de uma base orgânica, constata-se liberação gradual destes nutrientes. Galbiatti et al. (2011), ao utilizar biofertilizantes, que são adubos com grande parte orgânica e fertilizante mineral, observaram similaridade nos seus resultados, sendo estes superiores aos tratamentos sem adubação. A adubação com organominerais ou com biofertilizantes tende a agregar rendimento para cultura e possibilita expressivo residual de nutrientes para a cultura subsequente (Ciotta et al., 2003). Além disso, os compostos orgânicos e naturais, agem como condicionadores orgânicos, demonstrando superioridade de fertilizante minerais, ao melhorar o solo nos aspectos químicos, físicos e biológicos, além de incrementar a produtividade da cultura (Bulluck et al., 2002).

Ao observar o número de nódulos, nota-se superioridade dos tratamentos com organominerais em relação ao controle e ao STP e similaridade com STP+S. Isto pode estar relacionado à presença de matéria orgânica, que favorece a atividade de grupos microbianos diversos no solo, bem como o S na composição. Vale ressaltar a

importância fundamental do P na fixação biológica de N, em decorrência do gasto de energia (Silva et al., 2010). Quanto ao número de nódulos nas plantas, ao observar os tratamentos de inoculação, não foi observada diferença entre o controle e os demais tratamentos, exceto para o organomineral com dejetos suínos, em que a efetividade dos micro-organismos que estão presente no solo se sobrepõe, não demonstrando de forma efetiva a inoculação, como é demonstrado em diversos trabalhos com feijão-caupi (Rumjanek et. al., 2005; Hara & Oliveira, 2007; Zhang et al., 2007; Mello & Zilli, 2009).

Foram detectados efeitos da interação em relação ao comprimento de parte aérea, houve diferença entre as inoculações no organomineral com base de fuligem, sendo que nas variáveis: diâmetro de caule e massa seca da parte aérea foi observada diferença entre a inoculação no organomineral com a base de cama de aviário (Tabela 3). Não foi observado efeito para a comprimento da parte aérea, diâmetro de caule e massa seca da parte aérea, aos 50 DAE, avaliando-se os fatores principais isolados

Tabela 3. Comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 50 DAE.

Tratamentos de adubação	CPA (cm)			DC (mm)			MSPA (g planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	17,1 aA	16,4 aA	15,9 aA	5,7 aA	5,5 aA	5,9 aA	10,0 aA	10,8 aA	10,7 aA
CAMA	16,5 aA	17,0 aA	16,2 aA	6,6 aA	5,9 aB	5,6 aB	15,1 aA	9,9 aB	9,7 aB
TORTA	16,6 aA	16,7 aA	15,7 aA	5,8 aA	5,5 aA	5,7 aA	9,2 aA	10,5 aA	9,9 aA
FULIGEM	15,6 aB	17,9 aA	13,4 aB	5,9 aA	5,9 aA	5,6 aA	10,8 aA	9,8 aA	8,6 aA
STP	16,8 aA	16,1 aA	17,7 aA	6,2 aA	5,6 aA	5,8 aA	12,4 aA	9,4 aA	11,0 aA
STP+S	17,4 aA	18,1 aA	15,3 aA	6,0 aA	5,6 aA	5,8 aA	10,9 aA	9,0 aA	9,2 aA
S/ADUB.	15,2 aA	17,3 aA	18,0 aA	5,9 aA	5,6 aA	5,4 aA	9,4 aA	8,8 aA	9,8 aA
CV A (%)	16,96			15,00			36,33		
CV B (%)	14,82			10,88			28,26		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Para o comprimento de parte aérea, a melhor combinação de tratamentos foi a inoculação de solubilizador de P aliado ao organomineral com base de fuligem. Apesar da fuligem apresentar baixos teores de P, como relatado por Belai et al. (2013), é um subproduto da indústria sucroalcooleira que agrega na suplementação nutricional do solo.

Em relação ao diâmetro de caule, aos 50 DAE, a inoculação com *Bradyrhizobium* spp. foi superior à inoculação com solubilizador de P e o tratamento sem inoculação. Isto também foi observado por Sousa et al. (2013), ao testar adubação nitrogenada, inoculação e sem inoculação, constataram que a inoculação demonstrou superioridade aos demais tratamentos. Vieira et al. (2012) observaram os benefícios da cama de aviário em seu trabalho, com o favorecimento da qualidade das plantas, pelas características físicas e nutricionais.

Segundo José Neto (2013), ao interagir bactérias com potencial de solubilização de fosfato com torta de filtro e cama de aviário, não foi observada diferença no fator inoculação isolada, na cultura do milho. Tal resultado corrobora aos encontrados no presente trabalho, especificamente, maiores médias do controle em relação aos demais micro-organismos, e está intimamente ligado à migração dos nutrientes da parte aérea para os grãos e, conseqüentemente, redução de aporte vegetativo (Braz et al., 2004). Tal resultado não corresponde ao observado no presente trabalho, em decorrência de fatores externos que prolongaram o ciclo da cultura do caupi.

A massa seca da raiz demonstrou diferença entre as inoculações no organomineral à base de cama de aviário e o número de nódulos demonstrou efeito entre as adubações testadas, ao interagir com o *Bradyrhizobium* spp.

(Tabela 4). Não foram observados efeitos da interação para o peso de nódulos e a massa seca da raiz, número de nódulos e peso de nódulos aos 50 DAE em função dos tratamentos principais isolados.

Tabela 4. Massa seca da raiz (MSR) e número de nódulos (NN) de plantas de feijão- caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 50 DAE.

Tratamentos de adubação	MSR (g planta ⁻¹)			NN (nódulos planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	1,5 aA	1,6 aA	1,7 aA	18,9 bA	25,3 aA	19,9 aA
CAMA	2,1 aA	1,5 aB	1,6 aB	17,0 bA	24,5 aA	19,5 aA
TORTA	1,4 aA	1,8 aA	1,7 aA	24,6 aA	18,9 aA	23,2 aA
FULIGEM	1,7 aA	1,3 aA	1,6 aA	15,7 bA	23,0 aA	19,1 aA
STP	1,8 aA	1,5 aA	1,8 aA	14,7 bA	24,0 aA	17,6 aA
STP+S	1,7 aA	1,3 aA	1,4 aA	26,1 aA	24,8 aA	23,7 aA
S/ADUB.	1,4 aA	1,5 aA	1,4 aA	15,1 bA	16,2 aA	13,9 aA
CV A (%)	34,90			64,48		
CV B (%)	24,46			32,80		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Em relação a massa seca da raiz, a superioridade da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. pode estar associada ao aumento radicular em decorrência da fixação biológica de nitrogênio. Silva et al. (2016) em seu trabalho com amendoim não observaram efeito nesse parâmetro, sendo que Oliveira et al. (2013) reforçam que a adubação orgânica tem influência na massa seca das raízes. Gassi et al. (2009) demonstram efeitos benéficos do organomineral com base de cama de aviário na produção de *Arctium lappa* (L.). Isto ocorre, possivelmente, pelas baixas quantidades de P disponível nos solos do Cerrado, sendo grande limitante para o desenvolvimento das culturas agrícolas. Tal limitação está ligada à acidez do solo e elevados teores de Fe e Al que maximizam a fixação de P nesses solos (Novais & Smyth, 1999).

A similaridade do número de nódulos entre os micro-organismos pode indicar uma troca de traço funcional para solubilizar P, como identificado por Oliveira-Longatti et al. (2014), bem como as propriedades do organomineral à base de torta de filtro, em decorrência da matéria orgânica na qualidade do solo (González et al., 2014), bem como o S do STP+S que atua ativamente nos fatores de nodulação e sua ausência prejudica o desenvolvimento radicular (Almeida, 2017).

Não foi detectada interação para a variável produtividade de grãos. Para o número de grãos por vagem, foi observado efeito entre os tratamentos de inoculação e o organomineral à base de cama de aviário. Além disso, no tratamento sem inoculação, foi observada diferença entre as adubações. O número de vagens por planta demonstrou diferença entre as inoculações quando não houve adubação e a massa de mil grãos evidenciou diferença entre as inoculações ao interagir com o organomineral à base de dejetos suínos. Também foi notada diferença entre as adubações, quando houve interação com o isolado solubilizador MBSF2 (Tabela 5). Não foram observados efeitos para o número de grãos por vagem, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de grãos, avaliando-se os tratamentos principais isolados.

Tabela 5. Número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão-caupi, inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.

Tratamento s de adubação	NGV			NVP			MMG (g)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	4,1 aA	3,8 aA	4,4 bA	3,4 aA	3,7 aA	2,7 aA	330,7 aB	311,9 bB	367,8 aA
CAMA	4,0 aB	4,6 aB	6,5 aA	3,3 aA	3,2 aA	2,4 aA	341,3 aA	357,6 aA	338,9 aA
TORTA	4,0 aA	3,8 aA	4,0 bA	2,4 aA	2,9 aA	2,9 aA	323,8 aA	353,0 aA	337,9 aA
FULIGEM	4,6 aA	4,0 aA	4,2 bA	3,7 aA	3,6 aA	3,4 aA	350,9 aA	341,0 aA	328,2 aA
STP	4,9 aA	4,2 aA	4,1 bA	3,8 aA	3,5 aA	3,2 aA	355,0 aA	340,6 aA	344,8 aA
STP+S	3,8 aA	4,2 aA	3,9 bA	3,6 aA	3,3 aA	2,7 aA	343,2 aA	343,0 aA	342,2 aA
S/ADUB.	4,0 aA	4,1 aA	3,8 bA	2,5 aB	2,6 aB	4,2 aA	339,7 aA	348,5 aA	334,2 aA
CV A (%)	15,73			43,02			8,63		
CV B (%)	23,58			26,74			5,27		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Nakayama et al. (2013) na cultura do feijão, observaram melhor desempenho dos fertilizantes organominerais em relação ao mineral industrializado, avaliando-se à massa de mil grãos. Ferreira et al. (2009) também observaram melhor desempenho dos organominerais para as variáveis: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos. No presente trabalho, o número de vagens também foi superior, sendo que o organomineral com base de dejetos suínos combinado com o solubilizador de P não demonstrou resultado interessante. Vale ressaltar que os componentes não foram beneficiados em decorrência de ambas as inoculações.

Neste trabalho, não foi detectado incremento para a variável produtividade de grãos. Branco et al. (2001) observaram similaridade dos adubos organo e minerais entre si e superioridade quando não houve adubação, e ainda complementa a efetividade dos micro-organismos em solubilizar fosfato e a reforçar a capacidade de apresentar o traço funcional de fixação de nitrogênio. Nakayama et al. (2013) e Ferreira et al. (2009) observaram superioridades do organomineral em relação ao mineral avaliando-se a produtividade de grãos na cultura de feijão comum.

Não foram observados efeitos para os teores de N em função dos tratamentos isolados e nem com as interações. Diversos trabalhos têm testado estirpes de micro-organismos fixadores de N e solubilizadores de P, sendo demonstradas alta e baixa eficiência para incrementar a produtividade das culturas. De acordo com Souza et al. (2018), a capacidade do feijão-caupi associar-se as estirpes de bactérias, como as fixadoras de nitrogênio, torna-se desfavorável ao processo da FBN, devido ao ambiente de competição entre os micro-organismos. Portanto, são necessários estudos para aumentar a especificidade da relação estirpe x hospedeiro, visando aumentar a eficiência da FBN.

Quanto aos teores de P em grãos, foram observadas diferenças avaliando-se a interação de inoculação com as adubações com organomineral à base de torta de filtro e com o SPT+S (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de P nos grãos (TPG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.

Tratamentos de adubação	TPG (mg kg ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	0,079 aA	0,021 aA	0,104 aA
CAMA	0,024 aA	0,031 aA	0,011 aA
TORTA	0,024 aB	0,107 aA	0,006 aB
FULIGEM	0,040 aA	0,027 aA	0,012 aA
STP	0,071 aA	0,076 aA	0,100 aA
STP+S	0,174 aA	0,008 aB	0,009 aB
S/ADUB.	0,057 aA	0,037 aA	0,056 aA
CV A (%)	1,42		
CV B (%)	3,86		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Apesar de não ser observado efeito quanto aos teores de P em grãos e somente na interação inoculação x adubação, Branco et al. (2001) demonstraram teores superiores de N e P nos organofosfatados, em relação à adubação mineral para as culturas de feijão, milho, soja, braquiária e uva.

A torta de filtro proporcionou diferenças dos micro-organismos em relação ao tratamento sem inoculação. González et al. (2014) também detectaram superioridade dos solubilizadores de fosfatos na presença de torta de filtro, e enfatizam os vários benefícios deste resíduo agroindustrial para favorecer a qualidade do solo, devido suas propriedades físico-químicas e biológicas (Embrapa, 2019).

Os benefícios da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. em relação ao teor de P de grãos, na adubação com SPT + S, pode ser pela presença do S que favorece o crescimento e acumulação de N e P na parte aérea (Stamford et al., 2004).

Branco et al. (2001) reportaram menor número de inóculos de micro-organismos em alguns compostos, na ausência de inoculação, podendo haver ação tóxica em decorrência do composto. A superioridade dos micro-organismos nas adubações podem estar relacionada com essa ação tóxica, para suprir outros micro-organismos competidores reduzindo a atividade biológica e sua densidade.

4. Conclusões

O solubilizador MBSF2 no organomineral com base de fuligem demonstrou melhores respostas em relação ao comprimento de parte aérea aos 50 DAE.

O diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e da raiz com o *Bradyrhizobium* spp. no organomineral à base de cama de aviário demonstrou melhores resultados aos 50 DAE. O diâmetro de caule foi favorecido pela adição de organomineral à base de torta de filtro combinado com ambos os inoculantes, assim como o número de nódulos incrementado com este organomineral, aliado à inoculação com *Bradyrhizobium* spp.

5. Agradecimentos

Aos Laboratórios de Microbiologia Agrícola, Plantas Daninhas, Fertilizantes Organominerais e Fitoquímica do Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e o Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO).

6. Contribuições dos autores

Matheus Vinicius Abadia Ventura: delineamento do estudo, montagem de experimento, coleta de resultados, análises químicas, leitura científica, escrita do artigo e publicação. *Estevam Matheus Costa*: montagem de experimento, coleta de resultados, análises químicas e correções do artigo. *Leandro Spíndola Pereira*: montagem de experimento, coleta de resultados, análises químicas e correções do artigo. *Rodrigo Braghiroli*: coordenador, delineamento do estudo e correções do artigo. *Hellen Regina Fernandes Batista-Ventura*: análises químicas e correções do artigo. *Edson Luiz Souchie*: orientador, delineamento do estudo, correções do artigo e publicação.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética

Não aplicável.

9. Referências

- Almeida, J. C. (2017). *Fixação biológica do nitrogênio (FBN) por Bradyrhizobium na soja (Glycine max L.)*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Exatas de Primavera do Leste, Primavera do Leste.
- Andrade, F. N. (2010). *Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- Azziz, G., Bajsa, N., Haghjou, T., Taulé, C., Valverde, Á., Igual, J. M., Arias, A. (2012). Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop-pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay. *Applied Soil Ecology*, 61(1), 320-326. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.10.004>
- Belai, H. T., Ramos, F. T., Maia, J. C. S. (2013). Alterações físico-químicas em um neossolo quartzarênico órtico pela aplicação de subprodutos de indústria sucroalcooleira. *Global Science and Technology*, 6(2), 82-94.
- Bolle, S., Gebremikael, M. T., Maervoet, V., Neve, S. (2013). Performance of phosphate-solubilizing bacteria in soil under high phosphorus conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 49(6), 705-714. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0759-1>
- Branco, S. M., Murgel, P. H., Cavinatto, V. M. (2001). Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 6(3), 115-122.
- Braz, A. J. B. P., Silveira, P. M., Kliemann, H. J., Zimmermann, J. P. (2004). Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34, 83-87.
- Bulluck, L. R., Brosius, M. G., Evanylo, K., Ristaino, J. B. (2002). Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 19(2), 147-160. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00187-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00187-1)
- Cardoso, A. A. (2017). *Fertilizantes organominerais granulados na produção de mudas de espécies florestais em dois tipos de tubetes*. Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Chaiharn, M., Lumyong, S. (2011). Screening and optimization of indole-3-acetic acid production and phosphate solubilization from rhizobacteria aimed at improving plant growth. *Current Microbiology*, 62(1), 173-181. <https://doi.org/10.1007/s00284-010-9674-6>
- Ciotta, M. N., Bayer, C., Fontoura, S. M. V., Ernani, P. R., Albuquerque, J. A. (2003). Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solos com argila de atividade baixa sob plantio direto. *Ciência Rural*, 33(6), 1161-1164. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600026>
- Dalchiavon, F. C., Rodrigues, A. R., Lima, E. S., Lovera, L. H., Montanari, R. (2017). Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com soja sob plantio direto. *Revista de Ciências Agroveterinárias*,

- 16(2), 144-154. <https://doi.org/10.5965/223811711622017144>
- Eira, A. F. (1992). Solubilização microbiana de fosfatos. In: Cardoso, E. J., Tsai, S. M., Neves, M. C. P. *Microbiologia do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 243-256.
- Embrapa. (2019). Agência Embrapa de Informação Tecnológica. *Adubação - resíduos alternativos*. Brasília: Embrapa. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html. Acesso em 02 jan. 2019.
- Ferreira, E. G., Melém Júnior, N. J., Brito, O. R. (2009). Biomassa microbiana do solo e produtividade do feijão submetido a diferentes tipos de adubação. In: XVIII EAIC - Encontro Anual de Iniciação Científica, 18., 2009, Londrina. *Resumos...* Londrina: UEL.
- Galbiatti, J. A., Silva, F. G. D., Franco, C. F., Caramelo, A. D. (2011). Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. *Engenharia Agrícola*, 31(1), 167-177. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000100017>
- Gassi, R. P., Zárate, N. A. H., Vieira, M. D. C., Scalon, S. D. P. Q., Mattos, J. K. D. A. (2009). Doses of phosphorus and chicken manure on burdock yield. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(3), 692-697. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000300005>
- González, L. C., Prado, R. M., Hernández, A. R., Assis, L., Caione, G., Moda, L. R., Selva, E. P., Almeida, H. J. (2013). Efecto de la torta del filtro enriquecida con fosfato natural y microorganismos en el suelo y planta en un suelo oxisol. *Centro Agrícola*, 40(2), 31-37.
- González, L. C., Prado, R. D. M., Hernández, A. R., Caione, G., Selva, E. P. (2014). Use of filter cake enriched with rock phosphate and biofertilizers in a Haplustoxsoil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(2), 135-141. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200001>
- Hara, F. A. dos S., Oliveira, L. A. (2007). Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álicos de Presidente Figueiredo, Amazonas. *Acta Amazonica*, 34, 343-357. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-017>
- José Neto, C. A. (2013). *Micro-organismos solubilizadores de fosfato e resíduos agroindustriais na cultura do milho*. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde.
- Junior, E. B. P., Oliveira, F. H. T., Oliveira, F. T., Silva, G. F., Hafle, O. M., Cruz Silva, A. R. (2015). Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão-caupi irrigado no município de Sousa–PB. *Global Science and Technology*, 8(1), 110-121. <http://doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v8n1p110-121>
- Khan, M. S., Zaidi, A., Wani, P. A. (2007). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 29-43. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_34
- Kiehl, E. J. (2013). *Fertilizantes Organominerais*. 5 ed, Editora Degaspari, Piracicaba.
- Magalhães, I. D. P. B., Sediya, M. A. N., Silva, F. D. B., Vidigal, S. M., Pinto, C. L. O., Lopes, I. P. C. (2017). Produtividade e exportação de nutrientes em feijão-vagem adubado com esterco de galinha. *Revista Ceres*, 64(1), 98-107. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010014>
- Martins, D. C., Resende, Á. V., Galvão, J. C. C., Simão, E. D. P., Ferreira, J. P. D. C., Almeida, G. D. O. (2017). Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession. *American Journal of Plant Sciences*, 8(10), 2407-2421. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.810163>
- Massenssini, A. M., Tótolá, M. R., Borges, A. C., Costa, M. D. (2016). Isolamento e caracterização de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera de *Eucalyptus sp*. *Revista Árvore*, 40(1), 125-134. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000100014>
- Melo, S. R., Zilli, J. É. (2010). Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(9), 1177-1183. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900016>
- Melo, F. B., Bastos, E. A., Cardoso, M. J., Ribeiro, V. Q. (2017). Resposta do feijão-caupi à aplicação de fósforo e zinco. *Revista Caatinga*, 31(1), 240-245.

- Miransari, M. (2011). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89(4), 917-930. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3004-6>
- Nakayama, F. T., Pinheiro, G. A. S., Zerbini, E. F. (2013). Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de semeadura direta. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9(7), 122-138.
- Novais, R. F., Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa, MG: UFV, 399p.
- Oliveira, J. J. F., Sousa, R. F., Carneiro, R. F. V., Fonseca, J. M. (2013). Crescimento inicial de plantas de leucena frente à inoculação micorrízica e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 8(3), 212-220.
- Oliveira, R. L., Quaresma, C. C. F., Castro, H. G. C., Lima, J. M. P., Moura, M. F. V. (2015). Determinação de umidade, cinzas e fósforo em quatro variedades de feijão-caupi. *Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade*, 4(2), 24-32. <https://doi.org/10.5151/chenpro-5erq-qan6>
- Oliveira, D. P., Camargo, R., Lemes, E. M., Lana, R. M. Q., Matos, A. L. I. A., Magela, M. L. M. (2017). Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. *African Journal of Agricultural Research*, 12(32), 2574-2581. <http://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>
- Oliveira-Longatti, S. M., Marra, L. M., Soares, B. L., Bomfeti, C. A., Silva, K., Ferreira, P. A. A., Moreira, F. M. S. (2014). Bacteria isolated from soils of the western Amazon and from rehabilitated bauxite-mining areas have potential as plant growth promoters. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(4), 1239-1250. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1547-2>
- Royo, J. (2010). *Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais*. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891&secao=Agr+otemas>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- Rumjanek, N. G., Martins, L. M. V., Xavier, G. R., Neves, M. C. P. *Fixação biológica de nitrogênio*. In: Freire Filho, F. R., Lima, J. A. A., Silva, P. H. S., Ribeiro, V. Q. (Ed.) (2005). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 279-335.
- Sá, F. V. D. S., Ferreira Neto, M., Lima, Y. B. D., Paiva, E. P. D., Gheyi, H. R., Dias, N. D. S. (2017). Initial development of cowpea plants under salt stress and phosphate fertilization. *Revista Ambiente e Água*, 12(3), 405-415. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2070>
- Sampaio, L. S., Brasil, E. C. (2009). Exigência nutricional do feijão-caupi. In: Congresso Nacional de Feijão-caupi, 2, 2009, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 56-72, 1 CD-ROM.
- Santos, D. R., Gatiboni, L. C., Kaminski, J. (2008). Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 38(2), 576-586. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>
- Severino, L. S., Costa, F. X., Beltrão, N. E. D. M., Lucena, A. M. A., Guimarães, M. M. (2004). Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 5(1), 1-6.
- Silva, F. C. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos.
- Silva, E. F. L., Araújo, A. S. F., Santos, V. B., Nunes, L. A. P. L., Carneiro, R. F. V. (2010). Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. *Bioscience Journal*, 26(3), 394-402.
- Silva, A. C., Cavalcante, A. C. P., Cavalcante, A. G., Neto, M. A. D. (2016). Bactérias fixadoras de nitrogênio e substratos orgânicos no crescimento e índices clorofiláticos de amendoim. *Agropecuária Técnica*, 37(1), 1-8.
- Silva, J. A. N., Ceccon, G., Rocha, E. C., Souza, C. M. A. (2017). Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. *Agrarian*, 9(31), p. 44-46.
- Sousa, W. S., Nóbrega, R. S. A., Nóbrega, J. C. A., Brito, D. R. S., Moreira, F. M. S. (2013). Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortisiliquum*. *Revista Árvore*, 37(5), 969-979. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500019>
- Sousa, W. N., Brito, N. F., Santos, F. C., Barros, I. B., De Sousa, J. T. R., Freitas Sia, E.; Reis, I. M. S. (2018).

- Resposta do feijão-caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. *Revista Agroecossistemas*, 10(2), 298-308. <https://doi.org/10.18542/ragros.v10i2.5167>
- Stamford, N. P., Moura, A. M. M. F., Santos, K. S., Santos, P. R. (2004). Effect of *Acidithiobacillus* on solubilization of natural phosphate in a coastal tableland soil under yam bean (*Pachyrhizus erosus*) crop. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(1), 75-83. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000100008>
- Taktek, S., Trépanier, M., Servin, P. M., St-Arnaud, M., Piché, Y., Fortin, J. A., Antoun, H. (2015). Trapping of phosphate solubilizing bacteria on hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* DAOM 197198. *Soil Biology and Biochemistry*, 90(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.07.016>
- Vieira, C. R., Maas, K. D. B., Weber, O. L. S. (2012). Influência do substrato orgânico nodesenvolvimento inicial de *Combretum imberbe*. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 19 a 22/11/2012. *Anais...* Goiânia: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 1-5.
- Zaidi, A., Khan, M., Ahemad, M., Oves, M. (2009). Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 56(3), 263-284. <https://doi.org/10.1556/amicr.56.2009.3.6>
- Zaidi, A., Khan, M. S., Rizvi, A., Saif, S., Ahmad, B., Shahid, M. (2017). Role of phosphate-solubilizing bacteria in legume improvement. In: *Microbes for Legume Improvement*. Springer, Cham, 175-197. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59174-2_8
- Zhang, W. T., Yang, J. K., Yuan, T. Y., Zhou, J. C. (2007). Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Biology and Fertility of Soils*, 44, 201-210. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0196-8>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).