

O Solo na Mitigação e/ou Resolução de Problemas Ambientais

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Francisca Gislene Albano Machado
Edson Dias de Oliveira Neto
(Organizadores)**

O Solo na Mitigação e/ou Resolução de Problemas Ambientais

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Francisca Gislene Albano Machado
Edson Dias de Oliveira Neto
(Organizadores)**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

S689 O solo na mitigação e/ou resolução de problemas ambientais [recurso eletrônico] / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Francisca Gislene Albano Machado, Edson Dias de Oliveira Neto. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-59-1

DOI 10.22533/at.ed.591201903

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.
 I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Machado, Francisca Gislene Albano. III. Oliveira Neto, Edson Dias de.

CDD 631.4

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

APRESENTAÇÃO

Desde o início da agricultura o homem vem explorando a terra de forma extrativista, e principalmente a partir do século XX foi agravado com a primeira Revolução Industrial. E ao longo de aproximadamente 100 anos o homem usou os recursos da natureza de forma desordenada e inconsciente quanto a preservação dos mesmos.

E dentre os recursos atingidos com a degradação ambiental está o solo, sendo este considerado um dos recursos naturais mais complexos do planeta, o solo é um elemento de suma importância para a manutenção e desenvolvimento da vida humana e dos ecossistemas. Com o passar dos anos vem se aumentando o interesse e a preocupação sobre a preservação do solo, esse assunto tem sido discutido haja vista que o solo é um recurso limitado e não renovável.

O solo é considerado um sistema complexo e dinâmico e necessita da adoção de medidas que visam sua preservação a fim de restaurar e manter a fertilidade e a produção agrícola responsável, tais como plantio correto, manejo adequado, sistema de irrigação eficiente, reflorestamento e adubação sustentável, rotação de culturas, curvas de níveis e outras medidas que promovam a preservação e minimizem a sua degradação.

Por fim, torna-se necessário uma maior conscientização social com o manejo e uso do solo, pois um **solo não degradado** é rico em nutrientes essenciais para a produtividade da terra e para o sistema agrícola, além de ser um importante reservatório de água e servir de habitat para inúmeras espécies e micro-organismos.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Francisca Gislene Albano-Machado

Edson Dias de Oliveira Neto

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO COMO INDICADORES DE CONSERVAÇÃO DAS PASTAGENS NATIVAS DO PANTANAL	
Hellen Elaine Gomes Pelissaro Mayara Santana Zanella Sandra Aparecida Santos Evaldo Luís Cardoso Marivaine Silva Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.591201901	
CAPÍTULO 2	14
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ADUBOS VERDES NO DESENVOLVIMENTO DA CHICÓRIA	
Ramon Carvalho de Oliveira Camila Karen Reis Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.591201902	
CAPÍTULO 3	23
<i>Azospirillum brasilense</i> E O ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM GRÃOS DE MILHO CULTIVADO NO CERRADO	
Poliana Aparecida Leonel Rosa Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho Fernando Shintate Galindo Rafaela Neris Gaspareto Arshad Jalal Emariane Satin Mortinho	
DOI 10.22533/at.ed.591201903	
CAPÍTULO 4	30
PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO POR <i>Bacillus subtilis</i> NA CULTURA DA SOJA E FEIJÃO CAUPI EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Aloisio Freitas Chagas Junior Gaspar Moreira Braga Junior Albert Lennon Lima Martins Flávia Luane Gomes Manuella Costa Souza Thyenny Gleysse Castro Silva Gabriel Soares Nóbrega Luciane de Oliveira Miller Andrea Carla Caldas Bezerra Lillian França Borges Chagas	
DOI 10.22533/at.ed.591201904	
CAPÍTULO 5	47
TEORES DE FÓSFORO NO SOLO DE ÁREAS COM APLICAÇÃO CONTÍNUA DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NO SUL DO BRASIL	
Vanessa Luana Thomas Eliana Aparecida Cadoná Cledimar Rogério Lourenzi Ramiro Pereira Bisognin Danni Maisa da Silva Julio Cesar Grasel Cezimbra Daniel Erison Fontanive	

Maiara Figueiredo Ramires
Renan Bianchetto
Eduardo Lorensi de Souza

DOI 10.22533/at.ed.591201905

SOBRE OS ORGANIZADORES.....	57
ÍNDICE REMISSIVO	59

PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO POR *Bacillus subtilis* NA CULTURA DA SOJA E FEIJÃO CAUPI EM CASA DE VEGETAÇÃO

Data de aceite: 16/03/2020

Data de Submissão: 29/01/2020

Aloisio Freitas Chagas Junior
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/9286795171322846>

Gaspar Moreira Braga Junior
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6991334376357860>

Albert Lennon Lima Martins
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6846570980484580>

Flávia Luane Gomes
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6868051909051202>

Manuella Costa Souza
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/0256046793020150>

Thyenny Gleysse Castro Silva
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/4500573372223696>

Gabriel Soares Nóbrega
Universidade Federal do Tocantins UFT,

Gurupi – TO.

<http://lattes.cnpq.br/0870938234878939>

Luciane de Oliveira Miller
JCO Bioprodutos,
Barreiras – BA

<http://lattes.cnpq.br/5742279298482995>

Andrea Carla Caldas Bezerra
JCO Bioprodutos,
Barreiras – BA

<http://lattes.cnpq.br/0890601376113384>

Lillian França Borges Chagas
Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6412767227344500>

RESUMO: O trabalho teve como objetivo verificar a resposta da soja e do feijão caupi a inoculação de *Bacillus subtilis*, inoculados em solo adubado com fosfato natural e em solo sem adubação, em condições de casa de vegetação. Sete isolados de *B. subtilis* foram utilizados e um Mix de uma mistura de 3 cepas, oriundos de isolamento de solos do Cerrado tocantinense. Os isolados de *B. subtilis* foram inoculados diretamente na cova sobre as sementes no momento do plantio em uma quantidade de 1 mL vaso⁻¹ de uma suspensão bacteriana apresentando concentração mínima de 1 x 10⁸

UFC mL⁻¹. Os parâmetros avaliados foram massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, número de nódulos e massa seca dos nódulos, teor de fósforo na parte aérea e fósforo disponível no solo. Observou-se que na cultura da soja onde recebeu adubação de fosfato natural os isolados UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX promoveram aumento significativo na biomassa. Nos tratamentos sem adubação com fosfato natural os isolados UFTBs 07 e o MIX foram capazes de promover o maior incremento de biomassa. Os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX mostraram maior eficiência na produção de biomassa do feijão caupi com adubação de fosfato natural, onde não houve adubação os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram eficazes na produção de biomassa. Na soja e no feijão caupi a maioria dos isolados testados proporcionaram um maior teor de P disponível no solo e na parte aérea das plantas. A maioria dos isolados mostrou estar envolvidos diretamente na promoção do crescimento destas culturas quando comparado à testemunha não inoculada.

PALAVRAS-CHAVE: Rizobactéria, teor de fósforo, biomassa.

GROWTH PROMOTION *Bacillus subtilis* IN THE SOYBEAN CROP AND FEJÃO COWPEA IN THE GREENHOUSE

ABSTRACT: The study aimed to verify the response of soybean and cowpea inoculation of *Bacillus subtilis* inoculated in soil fertilized with phosphate rock and soil fertilization, under greenhouse conditions. Seven isolates of *B. subtilis* were used and a mixture of three strains, coming isolation tocantinense cerrado soils. The isolates of *B. subtilis* were applied directly inoculated into the pit on the seed at planting in an amount of 1 mL vaso⁻¹ bacterial suspension having a minimum concentration of 1 x 10⁸ UFC mL⁻¹. The parameters evaluated were dry mass of the aerial part, dry root mass, total dry mass, number of nodes and dry weight of nodules, phosphorus content in shoots and available phosphorus in the soil. It was observed that in soybeans where he received natural phosphate fertilizer isolated UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 and the MIX promoted significant increase in biomass. In treatments without fertilization with rock phosphate isolated UFTBs 07 and MIX were able to promote greater biomass increment. Isolated UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 and the MIX showed greater efficiency in biomass production of cowpea with natural phosphate fertilizer where no fertilizer isolated UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 and MIX were effective in producing biomass. In soybean and cowpea most of the isolates tested provided a higher P content available in soil and shoots of plants. Most isolates shown to be directly involved in promoting the growth of these crops when compared to the uninoculated control.

KEYWORDS: Rizobacteria, phosphorus, biomass.

1 | INTRODUÇÃO

Os microrganismos encontrados nos solos podem ser divididos de acordo com a influência que causam nas plantas, podendo ser: prejudiciais, benéficos e neutros. Dentre esses microrganismos benéficos existe um grupo chamado rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), que são bactérias que habitam o solo e possuem capacidade de promover o crescimento das plantas e controlar microrganismos fitopatogênicos. Os modos de ação dessas bactérias nas plantas estão ligados a produção de antibióticos, produção de sideróforos, indução de resistência sistêmica, produção de hormônios, fixação assimbiótica de nitrogênio e solubilização de fosfato (MELO, 1998). As RPCPs incluem diferentes espécies pertencentes a diversos gêneros como: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azobacter*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Hydroganophaga*, *Enterobacter*, *Serratia* e *Azospillum* (BENIZRI et al., 2001).

O fósforo (P) é um nutriente de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pelo seu papel importante em biomoléculas (ácidos nucleicos, fosfolipídios e nucleotídeos) (BARROSO & NAHAS, 2008). O fósforo também é o macronutriente mais limitante para o crescimento de plantas na produção agrícola em condições brasileiras. Porém os solos podem ter grandes reservas de P total, mas as quantidades disponíveis para as plantas geralmente são pequenas (STEVENSON & COLE, 1999). Os solos altamente intemperizados como são os solos tropicais, são caracterizados por ter baixa disponibilidade de fósforo. A reduzida disponibilidade de fósforo nos solos tropicais decorre da reatividade das formas solúveis de P com cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg) e alumínio (Al), formando compostos de baixa solubilidade (BARROSO & NAHAS, 2005). As plantas somente conseguem absorver P como ânions ortofosfato, predominantemente nas formas solúveis monobásicos ($H_2PO_4^-$) e dibásicos (HPO_4^{2-}). Existem processos naturais que são capazes de tornar o fósforo indisponível em forma disponível, entre os quais se encontra a solubilização microbiana de fosfatos inorgânicos insolúveis já existentes ou adicionados no solo como os fosfatos de rocha (BARROSO, 2006).

Essa solubilização é decorrente da produção de ácidos orgânicos como glucônico, cítrico, glutâmico, oxálico láctico, fumárico, tartárico e succínico, e também de mecanismo que envolve o crescimento microbiano que favorece a secreção de prótons (H^+). Segundo Rodrigues e Fraga (1999), estirpes do gênero *Bacillus* esta entre as bactérias mais eficientes na solubilização de P.

O Brasil possui significativa participação na crescente oferta e demanda de produtos agroindustriais oriundos da cultura da soja. O país tem sido um dos maiores produtores mundiais, com cerca de 120,8 milhões de toneladas de grãos de soja produzidas. O Tocantins figura como o maior estado produtor do grão no

norte do país, com 3,1 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Vigna unguiculata (L.) Walp, popularmente conhecido como feijão caupi ou feijão de corda é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste, o seu cultivo no Brasil chega a aproximadamente um milhão de hectares, sendo essas duas regiões responsáveis por cerca de 90% da área cultivada total, além de ser uma das principais fontes de proteína para as famílias dessas regiões (SANTOS et al., 2017).

Com o propósito de obter aumento do crescimento e rendimento das plantas, e um maior entendimento da capacidade de microrganismo em solubilizar fosfatos, estudos vêm sendo realizado com a bactéria *Bacillus subtilis*. RAASCH et al. (2013) avaliaram a inoculação de *Bacillus subtilis* em miniestacas de eucalipto, onde se observou o aumento no crescimento das mudas, variando entre 20,3 a 37,2%. Araújo e Carvalho (2009), em seu estudo com tomateiro verificou-se que o tratamento com inoculação de *Bacillus subtilis* aumentou a massa fresca da parte aérea e produção de frutos

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de isolados de *Bacillus subtilis* em relação à promoção de crescimento vegetal em soja (*Glycine max* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), em casa de vegetação.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia da UFT – Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi. Localizado a 11°43'45" S e 49°04'07" W a 278 m de altura.

Foram utilizadas sete cepas de *Bacillus subtilis* da coleção do Laboratório de Microbiologia da UFT, provenientes do isolamento de solos de cerrado em áreas de cultivos no Estado do Tocantins. Foram testados os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 separadamente, e um mix dos isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03. Os isolados foram mantidos em crescimento e repicados em meio LB (*Luria-Bertani*).

As culturas utilizadas no experimento foram a soja (*Glycine max* L.) cultivar M 9144 RR e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) tipo fradinho.

O experimento foi empregado em vasos plásticos preto com volume de 1,7 L, preenchidos com solo coletado em área de cultivo com as seguintes características: Análise de solo: Ca+Mg 2,55 cmol/dm³; Ca 1,80 cmol/dm³; Mg 0,75 cmol/dm³; Al 0,00 cmol/dm³; H+Al 5,54 cmol/dm³; K 0,21 cmol/dm³; CTC (T) 8,31 cmol/dm³; SB 2,76 cmol/dm³; K 83,54 mg/dm³ (ppm); P (Mel) 5,85 mg/dm³ (PP); V 33,27%; M 0,00%; Mat. Org. 2,56 % 25,59 g/dm³; pH CaCl₂ 4,80, H₂O 5,38.

No experimento onde recebeu adubação de P foi suplementado com 0,3 g/

vaso de fosfato natural insolúvel (ligado) na concentração de 100 mg kg⁻¹ de solo (65 kg de P₂O₅ ha⁻¹). O concentrado fosfático utilizado foi o Angico, obtido na Galvani (Industria de Fertilizantes de Luiz Eduardo Magalhães - BA, com teor de P₂O₅ total de 32%.

Foram semeadas seis sementes por vaso para ambas as culturas. Para o feijão caupi foi feita a inoculação com o inoculante Nodubeans espécie *Bradyrhizobium* sp. estirpe SEMIA 6442, inoculante tipo líquido com recomendação de 100 mL de calda para 50 kg de semente. Para a soja a inoculação foi feita utilizando-se o produto Nodusoja10T, inoculante sólido turfoso para soja, contendo a espécie *Bradyrhizobio japonico*. A inoculação das sementes foi feita uma hora antes do plantio na concentração de 100 mL 50 kg⁻¹ de sementes.

Os isolados de *Bacillus subtilis* foram inoculados aplicando diretamente na cova sobre as sementes no momento do plantio em uma quantidade de 1 mL/vaso, de uma suspensão bacteriana de água destilada e 0,5 de NaCl obtida da raspagem de células apresentando concentração mínima de 1 x 10⁸ UFC mL⁻¹ multiplicadas previamente em placas de petri com meio de cultura sólido LB. Foram feitas as inoculações dos setes isolados separadamente, sendo cada isolado um tratamento e o MIX, em solos com adubação de fosfato natural e sem fosfato natural.

A irrigação foi feita manualmente, fornecendo água para as plantas até a capacidade de campo do solo. Sete dias após o plantio foi feito desbaste deixando apenas uma planta por vaso

As avaliações foram aos 45 dias após o plantio. O solo dos vasos e aderidos a raízes foi retirado com cuidado e colocados para secagem para ser feito a análise de fósforo disponível, em seguida, separou-se o sistema radicular da parte aérea das plantas e as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do solo aderido. Os nódulos foram retirados das raízes e contados. Em seguida, o material foi colocado para secagem em estufa com aeração forçada a 75°C até obtenção de massa constante, o material foi pesado para obter a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e massa seca dos nódulos (MSN).

A MSPA foi moída em moinho de facas onde foi retirado amostra para avaliação do teor de fósforo na parte aérea (EMBRAPA, 1997). Com as amostras secas do solo foi determinado o fósforo disponível no solo pelo método de Mehlich¹.

Com os dados de biomassa determinou-se a eficiência relativa de cada tratamento para cada cultura, calculada segundo a fórmula: ER = (MSPA inoculada com os isolados/MSPA sem inoculante) x 100. Com o teor de fósforo na parte aérea foi determinada a eficiência de utilização de P nas plantas de soja e feijão caupi que de acordo com Rodrigues et al. (2003), pode ser calculada pela seguinte fórmula: EFU-P = [(matéria seca)²/(Teor do nutriente)].

Os dados foram submetidos à análise de variância com teste F, e as médias dos tratamentos agrupados pelo teste de Scott-Knott a 1 ou 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Assistat.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns isolados se mostraram promissores na promoção de crescimento e incremento da matéria seca das culturas (Tabelas 1 e 2). Na cultura da soja (Tabela 1), com adubação de fosfato natural para as características avaliadas de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) os isolados UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram superiores aos demais isolados e a testemunha. Para o número de nódulos e massa seca de nódulos (MSN) nenhum tratamento conseguiu diferir estatisticamente da testemunha.

Nos vasos onde o solo não recebeu adubação de fosfato natural, na cultura da soja para MSPA apenas o isolado UFTBs 07 e o MIX foram superiores ($p < 0,05$) aos outros tratamentos e a testemunha (Tabela 1). Para o parâmetro MSR os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 07 e o MIX tiveram um maior incremento na raiz, com destaque para o isolado UFTBs 07 e MIX. Na MST os isolado UFTBs 07 e o MIX foram os melhores ($p < 0,01$) em relação aos outros tratamentos e a testemunha. Para o Número de nódulos e a MSN nenhum tratamento se diferiu estatisticamente da testemunha, mas podemos destacar o tratamento MIX que teve os melhores valores de NN e MSN, tanto em solo sem fosfato como em solo com adubação de fosfato natural.

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	NN	MSN (mg)
Com FN					
UFTBs 01	0,51 b	0,40 b	0,91 b	5,0 a	5,3 a
UFTBs 02	0,52 b	0,36 b	0,88 b	4,0 a	4,0 a
UFTBs 03	0,68 b	0,44 b	1,12 b	4,0 a	5,7 a
UFTBs 04	0,89 a	0,65 a	1,54 a	6,7 a	9,3 a
UFTBs 05	0,96 a	0,62 a	1,58 a	6,3 a	11,0 a
UFTBs 06	1,14 a	0,67 a	1,81 a	8,0 a	12,7 a
UFTBs 07	0,91 a	0,58 a	1,49 a	4,7 a	10,3 a
MIX	1,04 a	0,69 a	1,73 a	6,7 a	14,3 a
Testemunha	0,54 b	0,42 b	0,96 b	3,0 a	5,3 a
CV (%)	31,9 *	15,5 **	23,5 **	34,1 ^{ns}	61,5 ^{ns}
Sem FN					
UFTBs 01	0,60 b	0,43 b	1,03 b	4,3 a	3,7 a
UFTBs 02	0,55 b	0,44 b	0,99 b	3,3 a	3,7 a
UFTBs 03	0,53 b	0,41 b	0,94 b	3,3 a	3,0 a

UFTBs 04	0,57 b	0,36 c	0,93 b	3,7 a	3,0 a
UFTBs 05	0,62 b	0,34 c	0,96 b	5,3 a	4,7 a
UFTBs 06	0,57 b	0,26 c	0,83 b	4,0 a	3,0 a
UFTBs 07	0,76 a	0,52 a	1,28 a	6,3 a	5,7 a
MIX	0,80 a	0,58 a	1,38 a	6,7 a	6,7 a
Testemunha	0,41 b	0,25 c	0,66 b	4,0 a	4,0 a
CV (%)	18,7 *	15,2 *	14,9 **	35,3 ^{ns}	43,0 ^{ns}

Tabela 1: Biomassa e nodulação de soja (*Glycine max* L.) inoculada com *Bacillus subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.¹

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 1** e 5*% de probabilidade.

Na cultura do feijão caupi (Tabela 2), com adubação de fosfato natural para o parâmetro MSPA os melhores resultados ($p < 0,01$) foram obtidos pelos isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07, com destaque para o isolado UFTBs 01. Para MSR apenas os isolados UFTBs 01, UFTBs 02 e UFTBs 03 foram superiores ($p < 0,01$) aos outros tratamentos e a testemunha. O melhor valor para MST foi obtido pelo isolado UFTBs 01, os isolados UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram superiores ($p < 0,01$) aos outros tratamentos e a testemunha. Os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03 e UFTBs 04 foram capazes de produzir uma maior quantidade de nódulos ($p < 0,01$). Para a variável MSN não houve diferença estatística, mas pode-se notar que os maiores valores de MSN foram obtidos pelos tratamentos onde recebeu a inoculação com os isolados UFTBs 04, UFTBs 03, UFTBs 01 e UFTBs 02.

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	NN	MSN (mg)
Com FN					
UFTBs 01	2,53 a	0,91 a	3,44 a	53,0 a	38,3 a
UFTBs 02	1,22 c	0,68 b	1,90 b	39,3 a	31,3 a
UFTBs 03	1,76 b	0,65 b	2,42 b	33,3 a	41,7 a
UFTBs 04	0,51 d	0,33 c	0,84 d	55,6 a	50,7 a
UFTBs 05	0,46 d	0,18 c	0,64 d	13,6 b	16,0 a
UFTBs 06	0,96 c	0,29 c	1,24 c	25,0 b	25,3 a
UFTBs 07	0,86 c	0,37 c	1,22 c	18,7 b	14,0 a
MIX	0,73 d	0,29 c	1,02 c	16,7 b	15,0 a
Testemunha	0,39 d	0,14 c	0,53 d	9,0 b	14,0 a
CV (%)	29,9 **	29,5 **	21,1 **	41,7 **	51,9 ^{ns}
Sem FN					
UFTBs 01	1,75 a	0,85 a	2,60 a	27,0 a	36,3 a
UFTBs 02	1,49 a	0,62 a	2,11 a	37,7 a	38,0 a
UFTBs 03	1,46 a	0,81 a	2,27 a	38,0 a	37,3 a
UFTBs 04	1,21 a	0,62 a	1,83 a	16,7 b	10,3 b
UFTBs 05	0,90 b	0,51 b	1,41 b	20,0 a	13,0 b

UFTBs 06	1,54 a	0,66 a	2,20 a	39,0 a	17,0 b
UFTBs 07	1,79 a	0,48 b	2,27 a	41,0 a	37,7 a
MIX	1,35 a	0,71 a	2,06 a	28,0 a	24,0 b
Testemunha	0,46 b	0,45 b	0,91 b	11,0 b	8,0 b
CV (%)	28,8 *	11,5 *	24,5 *	34,6 *	45,1 *

Tabela 2: Biomassa e nodulação de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) inoculada com *Bacillus subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.¹

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 1** e 5*% de probabilidade.

Nos vasos onde o solo não recebeu adubação com fosfato natural o único tratamento que não foi superior ($p < 0,05$) à testemunha no incremento da MSPA foi o tratamento onde foi inoculado com o isolado UFTBs 05. Apenas os isolados UFTBs 05 e UFTBs 07 não tiveram um maior incremento na MSR estatisticamente ($p < 0,05$) em relação à testemunha. Para MST os tratamentos onde recebeu a inoculação dos isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram superiores ($p < 0,05$) a testemunha. Em relação ao número de nódulos os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX proporcionaram uma maior nodulação ($p < 0,05$). Para a variável MSN os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03 e UFTBs 07 foram significativamente melhores ($p < 0,05$).

Quanto à eficiência relativa (ER) (Figura 1), que relaciona a biomassa da parte aérea dos tratamentos inoculados com isolados de *B. subtilis* ao tratamento testemunha sem inoculação, para a cultura da soja com adubação de fosfato natural as melhores médias foram encontradas com a inoculação dos isolados UFTBs 06 e UFTBs MIX com aumento da ER de 111% (UFTBs 06) e 93% (UFTBs) em relação à testemunha. Na soja sem adubação de fosfato natural todos os tratamentos tiveram uma ER superior que a testemunha, com destaque para os tratamentos com o isolado UFTBs 07 com aumento de 85% e o Mix com aumento de 95% em relação à testemunha.

Para o feijão caupi adubado com fosfato natural todos os tratamentos tiveram médias superiores à testemunha, sendo as maiores médias obtidas pelos tratamentos com o isolado UFTBs 01 aonde chegou a 549% a mais que a testemunha e o isolado UFTBs 03 com 351% de aumento em relação à testemunha. Sem adubação de fosfato natural no feijão caupi também todos os tratamentos tiveram maiores médias do que a testemunha sendo os UFTBs 01 e UFTBs 07 com maior ER, com 280% e 289% a mais em relação à testemunha, respectivamente.

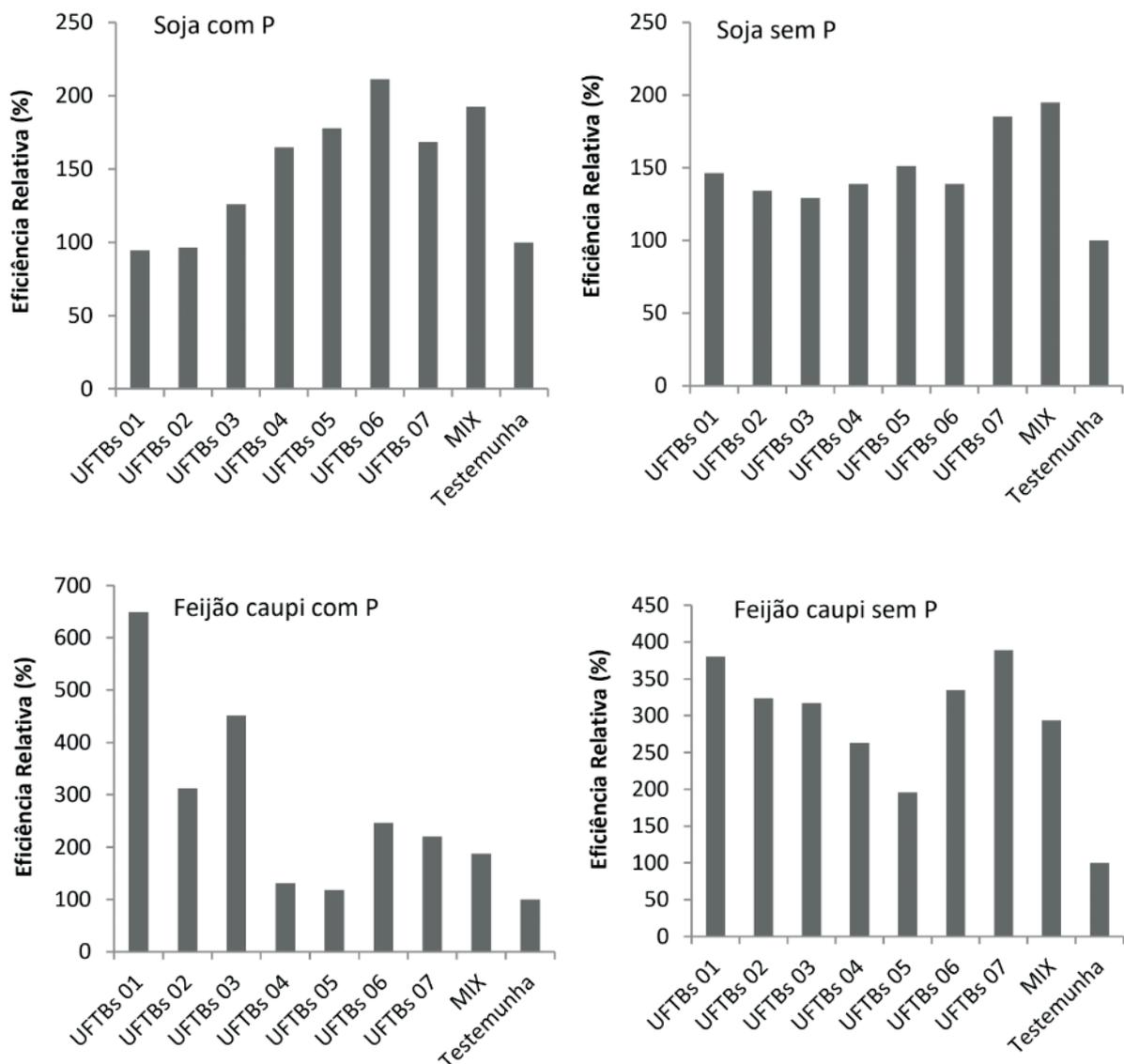


Figura 1: Eficiência relativa da soja e feijão caupi, inoculados com isolados de *Bacillus subtilis* com e sem adubação de fosfato natural em relação à testemunha sem inoculação.

Para o teor de fósforo disponível no solo com a cultura da soja (Tabela 3), em solo sem adubação de fosfato natural os isolados UFTBs 06 e UFTBs 07 foram superiores aos demais ($p < 0,05$), seguido do isolado UFTBs 05 que foi superior à testemunha e aos outros tratamentos. Os isolados UFTBs 06, UFTBs 07 e UFTBs 05 aumentaram o teor de fósforo no solo em relação a testemunha em 43, 38 e 30%, respectivamente. Em solo onde recebeu adubação de fosfato natural na cultura da soja os isolados UFTBs 04, UFTBs 06 e MIX proporcionaram um maior teor de fósforo disponível no solo ($p < 0,05$), seguido dos isolados UFTBs 05, UFTBs 03, UFTBs 02, UFTBs 07 e UFTBs 01 superiores a testemunha sem inoculação de *B. subtilis*. A inoculação com os isolados de *B. subtilis* em solo com adubação de fosfato natural aumentou o teor de fósforo disponível no solo em 57 a 155% em relação à testemunha com adubação de fosfato natural e sem inoculação de *B. subtilis*.

Tratamentos	Sem fosfato natural		Com fosfato natural	
	P (g kg ⁻¹)	% ²	P (g kg ⁻¹)	% ³
UFTBs 01	4,9 c	104	11,9 b	157
UFTBs 02	4,6 c	98	14,3 b	188
UFTBs 03	4,7 c	100	14,3 b	188
UFTBs 04	5,1 b	109	17,0 a	224
UFTBs 05	6,1 a	130	15,1 a	199
UFTBs 06	6,7 a	143	19,4 a	255
UFTBs 07	6,5 a	138	14,1 b	186
MIX	4,9 c	104	16,5 a	217
Testemunha	4,7 c	100	7,6 c	100
CV (%) ⁴	12,2	-	15,3	-

Tabela 3. Valores médios de fósforo no solo cultivado com soja inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.¹

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. ² Aumento do teor de P nos tratamentos sem adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em porcentagem. ³ Aumento do teor de P nos tratamentos com adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em porcentagem. ⁴ Coeficiente de variação.

Para o teor de fósforo (P) no solo na cultura do feijão caupi (Tabela 4), onde não recebeu adubação com fosfato natural o isolado UFTBs 05 foi superior aos demais ($p < 0,05$), e junto com os isolados UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e MIX superiores a testemunha sem inoculação de *B. subtilis*. O aumento no teor de P no solo que os isolados de *B. subtilis* proporcionaram em relação à testemunha variou de 9 a 93%. Em solo onde recebeu adubação de fosfato natural, os tratamentos onde recebeu a inoculação dos isolados UFTBs 05 e MIX obtiveram maiores valores de fósforo disponível no solo em relação aos demais ($p < 0,05$), e junto com os isolados UFTBs 01, UFTBs 03, UFTBs 04 e UFTBs 06 superiores a testemunha. O teor de fósforo disponível no solo aumentou 21 a 287% inoculando isolados de *B. subtilis*, em relação à testemunha onde não recebeu inoculação.

Tratamentos	Sem fosfato natural		Com fosfato natural	
	P (g kg ⁻¹)	% ²	P (g kg ⁻¹)	% ³
UFTBs 01	5,9 b	111	27,2 c	165
UFTBs 02	5,3 c	100	15,0 d	92
UFTBs 03	6,4 b	121	43,5 b	265
UFTBs 04	5,8 b	109	37,3 b	227
UFTBs 05	10,2 a	193	63,5 a	387
UFTBs 06	7,4 b	140	37,9 b	231
UFTBs 07	6,7 b	126	19,9 d	121
MIX	6,3 b	119	51,0 a	311
Testemunha	5,3 c	100	16,4 d	100

CV (%) ⁴	11,1	-	14,3	-
---------------------	------	---	------	---

Tabela 4. Valores médios de fósforo no solo cultivado com feijão caupi inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.¹

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. ² Aumento do teor de P nos tratamentos sem adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em percentagem. ³ Aumento do teor de P nos tratamentos com adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em percentagem. ⁴ Coeficiente de variação.

Para a variável teor de fósforo na parte aérea na cultura da soja (tabela 5), sem adubação de fosfato natural o isolado UFTBs 07 proporcionou o maior teor do P ($p < 0,05$) em relação aos outros isolados e a testemunha, aumentando 58 % o teor de fósforo em relação a testemunha. Quanto à eficiência de utilização de fósforo (EFU-P), os maiores valores ($p < 0,05$) foram encontrados pelos tratamentos onde foi inoculado *B. subtilis*, destaque para o Mix. O aumento na percentagem de EFU-P que os isolados testados proporcionaram em relação à testemunha variou de 67 a 256 %. O teor de fósforo na parte aérea para soja, onde o solo foi adubado com fosfato natural, foi maior nos isolados UFTBs 04 e UFTBs 06, seguido do UFTBs 05 e MIX superiores aos outros tratamentos e a testemunha com adubação de fosfato natural e sem inoculação de *B. subtilis*. Os maiores valores de EFU-P encontrado foram pelos UFTBs 07 e MIX. O aumento na percentagem de EFU-P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 8 a 150%.

Tratamentos	P (g kg ⁻¹)	% ²	EFU-P	% ³
Sem fosfato natural				
UFTBs 01	2,0 b	105	0,18	200
UFTBs 02	1,9 b	100	0,16	178
UFTBs 03	1,9 b	100	0,15	167
UFTBs 04	1,7 b	90	0,19	211
UFTBs 05	2,0 b	105	0,19	211
UFTBs 06	1,9 b	100	0,17	189
UFTBs 07	3,0 a	158	0,19	211
MIX Bs	2,0 b	105	0,32	356
Testemunha	1,9 b	100	0,09	100
CV (%) ⁴	8,9	-	-	-
Com fosfato natural				
UFTBs 01	1,6 cd	64	0,16	133
UFTBs 02	2,9 c	116	0,09	75
UFTBs 03	3,7 b	148	0,13	108
UFTBs 04	5,0 a	200	0,16	133
UFTBs 05	4,3 b	172	0,21	175
UFTBs 06	5,6 a	224	0,23	192
UFTBs 07	2,8 c	112	0,30	250
MIX	3,9 b	156	0,28	233

Testemunha	2,5 c	100	0,12	100
CV (%) ⁴	9,8	-	-	-

Tabela 5. Valores médios de teor de fósforo na parte aérea (P) e eficiência de utilização de fósforo (EFU-P) em soja inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.¹

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ² Aumento do teor de P, determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo no teor de P na parte aérea da soja e expresso em percentagem. ³ Aumento na eficiência de utilização de P (EFU-P), determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo na EFU-P pela soja e expresso em percentagem. ⁴ Coeficiente de variação.

Para a variável o teor de P na parte aérea do feijão caupi (Tabela 6), em solo sem adubação de fosfato natural, os isolado UFTBs 01 foi superior aos demais ($p < 0,05$), e junto com os isolados UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 07 e MIX superiores a testemunha sem inoculação de *B. subtilis*. O aumento no teor de P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 8 a 75%. Quanto à eficiência de utilização de fósforo (EFU-P), os maiores valores ($p < 0,05$) foram encontrados para os isolados UFTBs 07 e UFTBs 06, seguidos pelos isolados UFTBs 01, UFTBs 03, UFTBs 02, MIX, UFTBs 04 e UFTBs 05, superiores a testemunha. O aumento na percentagem de EFU-P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha sem inoculação variou de 280 a 1240%. O teor de fósforo na parte aérea para feijão caupi, onde o solo foi adubado com fosfato natural, foi maior no isolado UFTBs 07, e junto com UFTBs 02, UFTBs 06 e MIX superiores a testemunha com adubação de fosfato natural e sem inoculação de *B. subtilis*. O aumento no teor de P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 6 a 92%. Os maiores valores de EFU-P encontrado foram pelos UFTBs 01 e UFTBs 03. O aumento na percentagem de EFU-P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 67 a 2833%.

Tratamentos	P (g kg ⁻¹)	% ²	EFU-P	% ³
Sem fosfato natural				
UFTBs 01	7,0 a	175	0,44	880
UFTBs 02	5,3 b	133	0,42	840
UFTBs 03	4,9 b	123	0,44	880
UFTBs 04	5,4 b	135	0,27	540
UFTBs 05	4,3 b	108	0,19	380
UFTBs 06	4,3 b	108	0,55	1100
UFTBs 07	4,8 b	120	0,67	1340
MIX Bs	4,8 b	120	0,38	760
Testemunha	4,0 c	100	0,05	100
CV (%) ⁴	11,6	-	-	-
Com fosfato natural				
UFTBs 01	7,3 b	155	0,88	2933

UFTBs 02	5,8 c	123	0,26	867
UFTBs 03	5,0 c	106	0,62	2067
UFTBs 04	5,3 c	113	0,05	167
UFTBs 05	4,3 d	92	0,05	167
UFTBs 06	6,1 c	130	0,15	500
UFTBs 07	9,0 a	192	0,08	267
MIX Bs	5,8 c	123	0,09	300
Testemunha	4,7 d	100	0,03	100
CV (%) ⁴	12,1	-	-	-

Tabela 6. Valores médios de teor de fósforo na parte aérea (P) e eficiência de utilização de fósforo (EFU-P) em feijão caupi inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.¹

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ² Aumento do teor de P, determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo no teor de P na parte aérea do feijão caupi e expresso em percentagem. ³ Aumento na eficiência de utilização de P (EFU-P), determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo na EFU-P pelo feijão caupi e expresso em percentagem. ⁴ Coeficiente de variação.

Pelos resultados pode-se ver um maior incremento de MSPA, MSR e MST que alguns dos isolados de *B. subtilis* testados proporcionaram tanto para a soja como para o feijão caupi. Esse aumento pode estar ligado aos vários mecanismos pelos qual essa bactéria atua como a produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas, na disponibilização de nutrientes (P e N), atuando no controle biológico de fitopatógenos, entre outros. O incremento proporcionado pode ter relação pela capacidade das rizobactérias em produzir reguladores de crescimento de plantas (RCPs), que são substâncias orgânicas que influenciam os processos fisiológicos de plantas em baixas concentrações (MELO, 1998). Cerqueira et al. (2015) em seu trabalho utilizando quatro isolados de *Bacillus* spp. realizou testes *in vitro* onde confirmou a produção de AIA, ARA e ACC-deaminase por esses isolados. Saharan (2011) em seu trabalho observou que espécies de *Bacillus* contribuíram para melhoria de diferentes parâmetros de raiz, tal como o enraizamento, comprimento de raízes e teor de matéria seca, e que a inoculação com isolados produtores de AIA, aumentou a absorção de alguns nutrientes, promovendo o crescimento da bata doce e maior enraizamento de mudas de eucalipto.

Araújo et a. (2005), utilizando isolados de *B. subtilis* constatou que o isolado AP-3 aumentou a produção de pêlos radiculares, enquanto que o isolado PRBS-1 aumentou as raízes laterais na soja.

Um fator pelo qual os isolados testados podem ter atuado para aumento no incremento da biomassa é na disponibilidade e solubilização de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio. Além disso, outros mecanismos que estimulam o crescimento das plantas estão também relacionados com o metabolismo microbiano no solo, tais como a produção de enzimas nitrogenase, quitinases e glucanases (CATTELAN et al., 1999).

Araújo et al. (2012) reportaram em seu trabalho utilizando o feijão caupi cultivar BRS Guariba, que a simples inoculação de *B. subtilis* (PRBS-1) proporcionou o maior aumento no crescimento da planta, maior fixação de N e não afetou a nodulação, aos 40 e 55 dias após a semeadura.

Araújo (2008), em seu trabalho utilizando *B. subtilis* (estirpe PRBS-1) formulado com farinha de ostras em casa de vegetação, verificou um aumento na emergência da cultura do algodão e soja, também constatou um maior incremento na matéria seca do milho aos 40 dias após a emergência, maior concentração de fósforo nas folhas de algodão e milho, e maior teor de nitrogênio nas folhas de milho. Lazzareti e Melo (2005) verificaram que a utilizaram *B. subtilis* via semente promoveu um aumento na nodulação, e aumento significativo no peso da matéria seca das raízes (89%) e parte aérea (83%) na cultura do feijoeiro.

Em relação ao NN e MSN para a cultura da soja nenhum tratamento se diferiu estatisticamente tanto em solo com adubação de fosfato natural como sem, porém os melhores valores foram encontrado com a co-inoculação dos isolados de *B. subtilis*. Araújo e Hungria (1999) ao co-inocular *B. subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* em experimento em campo com a soja, foi constatado no estágio V3, que a co-inoculação de *B. japonicum* com metabólitos formulados de *B. subtilis* aumentou significativamente o número de nódulos, em 59% em relação ao tratamento não inoculado e em 27% em relação à inoculação exclusivamente de *Bradyrhizobium*, resultando ainda em uma maior MSN.

Para o NN e MSN na cultura do feijão caupi em solo com e sem adubação de fosfato natural todos os tratamentos que receberam a co-inoculação com isolados de *B. subtilis* obtiveram maior produção. Araújo et al. (2010) em experimento com feijão caupi avaliando a co-inoculação de *B. subtilis* e *Bradyrhizobium* mostrou que nos tratamentos inoculados, houve um aumento na nodulação do feijão-caupi com a co-inoculação, sugerindo uma influência do *Bacillus subtilis* na promoção de nodulação pela *Bradyrhizobium* inoculado.

Segundo Araújo e Hungria (1999), desde que os metabólitos do *Bacillus* não sejam tóxicos ao rizóbio, a coinoculação de ambos pode influenciar o aumento da nodulação. Ele relata que essa influência pode se dar pela contribuição no aumento de competitividade da bactéria inoculada, pelo aumento dos sítios de infecção e pela ação inibitória do crescimento de fungos patogênicos nas raízes.

A maioria dos isolados de *B. subtilis* testado nesse estudo influenciou no teor de fósforo na parte aérea e na disponibilidade desse nutriente no solo, tanto quando adubado com fosfato natural como também sem adubação. Isso demonstra que nesses tratamentos pode ter ocorrido algum evento no solo como aumento de atividade enzimática (fosfatases) ou maior disponibilização do fosfato natural que proporcionou aumento na disponibilidade do nutriente no solo. Segundo Rodriguez

e Fraga (1999) as estirpes do gênero *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* estão entre as bactérias com maior potencial em solubilização de fósforo. Essas bactérias solubilizadoras de fósforo atua sobre o fosfato insolúvel por meio de fosfatases, principalmente fosfatases ácidas, com a produção de ácidos orgânicos e inorgânicos e/ou redução do pH, obtendo-se assim o fosfato disponível para a planta (VASSILEV & VASSILEVA, 2003).

Mesmo sendo o fosfato natural Angico (32% de P_2O_5), utilizado no presente estudo, uma fonte pouco solúvel, resultou em uma maior disponibilidade de fosforo no solo comparado ao experimento onde não houve adubação de fosfato natural. Alguns isolados de *B. subtilis* quando comparado os experimentos com fosfato natural e sem fosfato natural proporcionou um maior teor de P na parte area onde foi adubado.

As leguminosas têm uma maior facilidade em absorver P, proveniente de fosfato natural do que outras famílias de plantas, por serem plantas acidófilas, isto é, acidificam a rizosfera, devido a troca de íons em seu sistema radicular, deixando grande concentração de H^+ na área das proximidades da raiz.

Araújo (2008) ao observar a concentração de fósforo, nas folhas de algodão e milho, verificou que quando as sementes foram inoculadas com *B. subtilis* (BSFO) foi significativamente maior quando comparada ao tratamento testemunha sem inoculação. Andrade (2012) em seu trabalho verificou que diferentes espécies de bactérias do gênero *Bacillus*, entre elas *B. subtilis*, apresentaram *in vitro* capacidade de solubilização de fosfato de cálcio insolúvel. Gaing e Gaur (1991) em seu experimento verificou que um isolado de *B. subtilis* foi capaz de promover o aumento de biomassa, produção de grãos e absorção de P e N na cultura do feijão desenvolvido em solo de campo deficiente em P, adubado com fosfato de rocha.

Com isso, pode-se justificar o ganho de biomassa e maior teor de fósforo na cultura da soja e do feijão caupi, quando inoculado com os isolados de *B. subtilis*, pela provável síntese ou estímulo da produção de fitormônios, como também pela solubilização de fosfato, atuando tanto no P indisponível existente no solo como também no suplementado por fosfato natural, como visto no estudo, proporcionando uma maior quantidade de fósforo disponível no solo para a planta. Assim, a maioria dos isolados de *B. subtilis* testados nesse trabalho demonstrou potencialidade para promoção de crescimento de plantas como também na solubilização de fosfato. Estudos futuros devem ser feitos para verificar a real eficácia desses isolados em campo como também em testes *in vitro*.

4 | CONCLUSÕES

Na cultura da soja onde recebeu adubação de fosfato natural os isolados UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX promoveram o crescimento da cultura, no experimento onde não foi adubado com fosfato natural os isolados UFTBs 07 e o MIX foram capazes de promover o maior incremento no crescimento da planta.

Os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX mostraram maior eficiência na produção de biomassa do feijão caupi com adubação de fosfato natural, onde não houve adubação os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram eficazes na produção de biomassa.

Na soja e no feijão caupi a maioria dos isolados testados proporcionaram um maior teor de P disponível no solo e na parte aérea das plantas, tanto em solo suplementado com fosfato natural como também em solo sem adubação.

REFERENCIAS

ANDRADE, L. F. **Bactérias endofíticas em bananeira Prata Anã: fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato e produção de ácido indol-3-acético.** 2012. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, 2012.

ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. **Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.9, p.1633-1643, 1999.

ARAÚJO, F. F. et al. **Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development.** World Journal of Microbiology & Biotechnology, Dordrecht, v.21, p.1639-1645, 2005.

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

ARAÚJO, F. F.; CARVALHO, M. H. M. **Crescimento de tomateiro após tratamento de mudas com *Bacillus subtilis* e Carbofuran.** Bioscience Journal, v.25, n.4, p. 59-64, 2009.

ARAÚJO, A. S. F. D. et al. **Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas.** Ciência Rural, v.40, n.1, p.182-185, 2010.

ARAÚJO, F. F. et al. **Inoculação do feijão-caupi com rizobactérias promotoras de crescimento e desempenho na produção de biomassa.** Pesquisa Agropecuária Pernambucana, v.17, n.1, p.53-58, 2012.

BARROSO, C. B. **Produção de pellets livres e imobilizados e mecanismo de solubilização de fosfatos inorgânicos por *Aspergillus* Níger.** 2006. 94 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006.

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, n.1, p.73-83, 2005.
- BARROSO, C. B.; NAHAS, E. **Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.4, p.529-535, 2008.
- BENIZRI, E. et al. **Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria.** Biocontrol Science and Technology, Oxford, v.11, p.557-574, 2001.
- CATTELAN, A. J. et al. **Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth.** Soil Science Society American Journal, Madison, v.63, p.1670-1680, 1999.
- CERQUEIRA, W. F. et al. **Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento de feijão comum (*phaseolus vulgaris* L.).** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.20, 2015
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acessado em 25 de novembro de 2019.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1997. 212 p.
- GAING, S.; GAUR, A. C. **Thermotolerant phosphate solubilizing microorganisms an their interation with mung bean.** Plant and Soil, v.133, p.141-149,1991.
- LAZZARETTI, E; MELO, I. S. **Influência de *Bacillus subtilis* na promoção de crescimento de plantas e nodulação de raízes de feijoeiro.** Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 22f. 2005.
- MELO, I. S. **Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura.** Ecologia Microbiana. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariuna, p.86-116, 1998.
- RAASCH, L. D. et al. ***Bacillus subtilis*: enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil.** Bioscience Journal, v.29, p.1446-1457, 2013.
- RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. **Phosphate solubilizing bactéria and their role in plant growth promotion.** Biotechnology Advances, v.17, p.319-339, 1999.
- RODRIGUES, L. A. et al. **Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II- Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.4, p.593-599, 2003.
- SAHARAN, B. S. **Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review.** Life Sciences and Medicine Research, p. 1-30, 2011.
- SANTOS, L. A. C. et al. **Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea.** Ambiência Guarapuava, v.13, n.1, p.261-270, 2017.
- STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** 2. Ed. New York: Wiley & Sons, 1999.
- VASSILEV, N.; VASSILEVA, M. **Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes.** Applied Microbiology and Biotechnology, Newcastle University, v.61, p.435-440, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acúmulo de micronutrientes 23, 25, 28
Adubos verdes 14, 17, 18, 19
Atributos microbiológicos 1
Azospirillum brasilense 23, 24, 25, 26, 28

B

Bacillus subtilis 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 43, 45, 46
Biodindicadores 1
Biomassa 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 31, 34, 36, 37, 42, 44, 45, 49

C

Casa de vegetação 30, 33, 43
Cerrado 2, 4, 6, 11, 12, 23, 24, 28, 30, 31, 33
Chicória 14, 15, 16, 19, 21, 22

D

Degradação de pastagens 1
Dejeto líquido 47, 55
Dejetos 47, 48, 51, 55, 56

E

Exportação de micronutrientes 24, 28

F

Feijão caupi 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45
Fósforo disponível 31, 34, 38, 39, 44, 48

G

Grãos 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 44, 46

I

Indicadores de conservação 1
Inoculação 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

M

Microbiologia do solo 1, 22
Milho 11, 12, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 43, 44, 45, 50, 51

P

Pantanal 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13

Pastagens nativas 1, 2, 3, 10

R

Rizobactéria 31

S

Soja 11, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Solo 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57

Solos arenosos 1, 6

Suinocultura 47, 48

T

Teor de fósforo 31, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 55

Teores de fósforo 47

Z

Zea mays 24, 50

 **Atena**
Editora

2 0 2 0