

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

AGRONOMIA

**CARACTERÍSTICAS MULTIFUNCIONAIS DE
RIZOBACTÉRIAS ISOLADAS DE PLANTAS DE SOJA COM
POTENCIAL PARA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO
VEGETAL**

ISABELLE GUIMARÃES DE OLIVEIRA

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
AGRONOMIA**

**CARACTERÍSTICAS MULTIFUNCIONAIS DE RIZOBACTÉRIAS
ISOLADAS DE PLANTAS DE SOJA COM POTENCIAL PARA
PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETAL**

ISABELLE GUIMARÃES DE OLIVEIRA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção de Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Cristina Vitorino

Rio Verde – GO

Maio, 2022

**Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

O48c

Oliveira, Isabelle Guimarães de

Características multifuncionais de rizobactérias isoladas de plantas de soja com potencial para promoção do crescimento vegetal / Isabelle Guimarães de Oliveira; orientadora Luciana Cristina Vitorino.

-- Rio Verde, 2022.

21 p.

1. Solubilização de fosfatos. 2. Antagonismo. 3. Fixação de nitrogênio. I. Vitorino, Luciana Cristina, orient. II. Título.

2 TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

3 Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Isabelle Guimarães de Oliveira Matrícula:
2016102200240183

Título do Trabalho: Características multifuncionais de rizobactérias isoladas de plantas de soja com potencial para promoção do crescimento vegetal

4 Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: ___/___/___

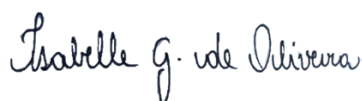
O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde GO, 13/05/2022.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

A handwritten signature in black ink, appearing to be a stylized name, possibly starting with 'D' or 'D.', written on a light gray grid background.

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO
DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 36/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) onze dia(s) do mês de maio de 2022, às 19:30 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Luciana Cristina Vitorino (orientador), Cintia Faria daSilva (membro) e Denise Almeida Fonseca Fiuza (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “CARACTERÍSTICAS MULTIFUNCIONAIS DE RIZOBACTÉRIAS ISOLADAS DE PLANTAS DE SOJA COM POTENCIAL PARA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETAL” da estudante Isabelle Guimarães de Oliveira, Matrícula nº 2016102200240183 do curso de Agronomia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Luciana Cristina Vitorino

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Cintia Faria da Silva Membro

(Assinado Eletronicamente)

Denise Almeida Fonseca Fiuza

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Cintia Faria Silva**, 2021202341360030 - Discente, em 12/05/2022 07:58:03.
- **Denise Almeida Fonseca Fiuza**, 2018202320140027 - Discente, em 11/05/2022 22:14:55.
- **Luciana Cristina Vitorino**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/05/2022 22:06:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/05/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 388122

Código de Autenticação: 5089679964



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, por ter me concedido essa oportunidade e nesta jornada ter colocado pessoas tão maravilhosas em meu caminho.

Aos meus familiares vovô Arestides e vovó Alci, pelo apoio constante, a paciência, o amor e carinho, que foram essenciais para que eu continuasse.

A minha mãe Alessandra Prado, pelas palavras de conforto, por ser meu porto de calmaria em mares tempestuosos e toda minha força em vida, por sempre me dizer que eu conseguiria, te amo eternamente.

Ao meu pai Fernando Oliveira por sempre me desafiar e exigir o melhor de mim, isso me moldou na pessoa destemida e confiante que sou hoje, obrigada pai, te amo.

A minha tia Adriana Prado que mesmo de longe transmitia suas palavras de apoio e afeto.

Aos meus irmãos, Brainer Silva, Arestides Neto e Vanessa Martins, minha cunhada Cálita Cabral, e meu primo Paulo Sérgio pela força e pelos pensamentos positivos de que um dia serei a tia rica da família.

Aos meus amigos, Moara Vinhais, Alessandra Cavenag, Izabely Lopes, Letícia Rezende, Lisa Brenna, Brenda Bezerra e Érica Alves, por ouvirem os lamentos e promoverem as discussões mais acaloradas, emocionantes e por sempre, sempre estarem ali quando eu preciso.

Principalmente aos professores doutores Denise Fiuza, por todo apoio e força nessa reta final, Edson Souchie, por sempre topa e apoiar todas as minhas ideias de trabalhos, Luciana Vitorino, por todo apoio no período em que estive no Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano – *Campus* Rio Verde, Fernando Higino pelo apoio, confiança e inspiração transmitidos durante a minha graduação, e em destaque, a Cintia Faria, que me ensinou tudo que sei sobre microbiologia, me guiando através desse mundo maravilhoso, e proporcionando ótimos momentos de trabalho.

E por fim a todos os meus professores, não citados aqui, mas que de alguma forma contribuíram com todo meu conhecimento e ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje, serei eternamente grata!

“Até aqui nos ajudou o senhor!” (1 Samuel 7:12)

RESUMO

OLIVEIRA, Isabelle Guimarães de. **Características multifuncionais de rizobactérias isoladas de plantas de soja com potencial para promoção do crescimento vegetal.** 2022. 21p Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

A cultura da soja ocupa um importante espaço na produção brasileira e necessita de um grande aporte de nitrogênio e fósforo, além de sofrer com o ataque de fitopatógenos. Com este trabalho, objetivou-se selecionar bactérias rizosféricas de genótipos de soja cultivada em solos do Cerrado, com potencial para promoção de crescimento vegetal. Foram avaliados 10 isolados bacterianos quanto a sua capacidade *in vitro* de solubilização de fosfatos, fixação de nitrogênio e antibiose ao fungo *Sclerotinia sclerotiorum*. Na solubilização de P inorgânico, as culturas tiveram sua DO padronizada, foram diluídas e inoculadas em triplicata no meio GL suplementado, separadamente, com duas fontes fosfatadas de cálcio e ferro, em seguida submetidos ao método colorimétrico e medido o pH do meio de cultura, e seus resultados estimados pela equação da curva padrão. A fixação de nitrogênio foi avaliada qualitativamente e considerada positiva quando os isolados inoculados em meio NFb apresentavam uma fina película em forma de véu. A atividade antagonista foi avaliada pela técnica de cultura dupla onde o diâmetro do micélio foi medido para determinar a porcentagem de inibição do crescimento do fungo na presença da bactéria, calculada através do índice de inibição relativo. Dentre os 10 isolados destacaram-se BRC11, SAC36, SAF09 e SAF11, que apresentaram características de promoção de crescimento vegetal como potencial para solubilização de fosfatos de cálcio e ferro, fixação de nitrogênio, antagonismo ao fungo *S. sclerotiorum*, representando assim alternativa estratégica para a intensificação sustentável de sistemas agrícolas.

Palavras-chave: Solubilização de fosfatos, antagonismo, fixação de nitrogênio.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	A Cultura da Soja	8
2.1.1	Origem e histórico no Brasil.....	8
2.1.2	Exigência nutricional.....	9
2.2	Benefícios dos Micro-organismos para a Soja.....	9
2.2.1	Bactérias Solubilizadoras de Fosfato.....	9
2.2.2	Fixação biológica de nitrogênio	10
2.2.3	Controle Biológico	11
3	MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1	Obtenção dos Micro-organismos	11
3.2	Solubilização de CaHPO ₄ e FePO ₄	11
3.3	Fixação de Nitrogênio	12
3.4	Antagonismo ao Fungo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	12
3.5	Análise Estatística	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1	Atividade de Solubilização de Fosfato por Isolados	13
4.2	Fixação de Nitrogênio	14
4.3	Antagonismo ao fitopatógeno <i>S. sclerotiorum</i>	16
5	CONCLUSÃO	17
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma das oleaginosas mais produzidas no mundo, isso se dá principalmente devido a seus altos teores de proteína (40,3%) e óleo (21,0%) (PÍPOLO et al., 2015). Todavia, por causa da quantidade de proteína produzida, a planta requer um alto montante de nitrogênio (N). Segundo Santos (2019), para produzir uma tonelada de grãos, é preciso de aproximadamente 80 kg de N, onde aproximadamente 65% são translocados para os grãos. Parte do N requerido é obtido através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), que pode contribuir de 0 a 98% (ENGROFF, 2019), e o restante, presente na forma inorgânica, pode ser adquirido no solo.

A FBN nada mais é do que a relação mutualística das bactérias diazotróficas com a planta, formando os nódulos fixadores (rizóbios), e convertendo o N₂ atmosférico em amônia (NH₃) (ENGROFF, 2019). Nessa simbiose, a planta recebe o N fixado, e as bactérias recebem os fotossintatos adquiridos pela planta, necessários para o desenvolvimento de ambos (STONOHARA e WANG, 2018). Ela é uma alternativa que explora o potencial microbiológico da rizosfera, promove a redução no custo de produção, e restringe uso indiscriminado de fertilizantes minerais, que em excesso, contaminam o solo e recursos hídricos, acidificam o solo, e grande parte é desperdiçado, pois podem lixiviar, adsorver ou volatilizar (MEENA et al., 2017; YOUNG et al., 2018).

O fósforo (P) é um outro macronutriente essencial para as plantas, faz parte dos processos de fotossíntese, metabolismo do carbono e na formação da membrana celular (ANAND et al., 2016). Os fosfatos podem ser facilmente adsorvidos em solos ácidos à coloides de argila, óxidos de ferro e alumínio, tornando-se indisponíveis para a planta (LIMA, 2020). Na cultura da soja, a deficiência desse nutriente aumenta o abortamento floral, que reduz a quantidade de flores e vagens, conseqüentemente, produz sementes de menor massa, que ocasiona a queda na produção e produtividade (BATISTELLA FILHO et al., 2013). Nesse cenário, os micro-organismos solubilizadores de fosfatos, desempenham um papel crucial na disponibilização do P inorgânico para as plantas.

Os micro-organismos promotores de crescimento vegetal, podem ser tanto endofíticos, aqueles que colonizam os tecidos presentes no interior da planta, como xilema ou córtex da raiz (ABBAMONDI et al., 2016), sem lhe causar dano ou exibir estrutura externa, ou rizosféricos, que nada mais é do que a comunidade microbiana que sobrevive na região próxima as raízes, através dos exsudados das plantas (CARDOSO e

ANDREOTE, 2016). Os endofíticos podem ser tanto facultativos (sobrevivem dentro da planta e na rizosfera), quanto obrigatórios (sobrevivem apenas dentro da planta) (CARDOSO e ANDREOTE, 2016).

Esses micro-organismos, são tidos como promotores de crescimento, pois fornecem um leque de benefícios à planta, como: proteção contra patógenos e controle biológico (CORDEIRO, 2017; BARREIROS, 2020), produção de fitohormônios (giberelinas, auxinas e citocininas) (SANTOYO et al., 2016; SOUSA et al., 2019), sideróforos (ABBAMINDI et al., 2016; BARREIROS, 2020), antibióticos (ESITKEN et al., 2010), e amônia (YAISH et al., 2015), inibição da produção de etileno (SANTOYO et al., 2016; GUIMARÃES et al., 2017), solubilização de fosfato inorgânico (CORDEIRO, 2017), mineralização de fosfato orgânico (SANTOS D., 2020), fixação de nitrogênio (PACENTCHUK et al., 2020; DUARTE et al., 2020) e aumentam a resistência a estresses salino, oxidativo e hídrico (VELLOSO et al., 2019; SANTOS, 2020).

Com este trabalho, objetivou-se selecionar bactérias rizosféricas de genótipos de soja cultivada em solos do Cerrado, com potencial para promoção de crescimento de plantas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cultura da Soja

2.1.1 Origem e histórico no Brasil

O centro de origem exato da cultura da soja ainda gera discussões, contudo a maioria dos autores tem como referência na parte nordeste da China, mais precisamente entre 45 e 50° N, uma região de clima temperado a subtropical, conhecida como Manchúria (BONATO e BONATO, 1987; LIU et al., 2020). Seus primeiros registros históricos de inserção da cultura no Brasil datam o ano de 1882, por Gustavo D'Utra na região da Bahia (GAZZONI, 2018). Esta primeira inserção, no entanto, não foi bem-sucedida, isso, porque a cultivar não se adaptou às condições edafoclimáticas da Bahia, local o qual foi feita a primeira tentativa, o sucesso só se deu a partir dos anos de 1920 a 1940 no Rio Grande do Sul, onde a soja ainda era tida como pequena cultura, e passou a crescer por volta da década de 1970 (CATTELAN e DALL'AGNOL; GAZZONI, 2018).

No cenário mundial atual (safra 2020/21), o Brasil é o maior produtor de soja (139,50 milhões de toneladas), seguido dos Estados Unidos (114,75 milhões de toneladas) e Argentina (46,20 milhões de toneladas) (USDA, 2022). A produção desta *commodity* tem uma relação direta com a segurança alimentar, uma vez que é utilizada tanto na

alimentação humana quanto animal, além de ser matéria prima para a produção de biocombustíveis (TAMAGNO et al., 2017). Cerca de 90% dos grãos produzidos são esmagados, para dar origem ao farelo de soja, que é utilizado para a produção animal, presente em grande escala nas rações e o óleo de soja, comum na cozinha brasileira e, precursor de biodiesel a base de óleos vegetais (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

2.1.2 Exigência nutricional

Os solos do Cerrado, são tidos como oxídicos, providos de uma baixa quantidade de nutrientes (RESENDE et al., 2019). Tendo em vista que a cultura da soja é exigente quanto a nutrição para que assim obtenhamos uma boa produtividade, é necessário que seja realizado o correto manejo nutritivo do solo para que a planta expresse o seu potencial produtivo e não seja necessária também, a abertura de novas áreas de produção (NASCIMENTO et al., 2019; DE MATTOS et al., 2020).

Faquin (2005), relata que os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas pode ser dividido em dois grandes grupos, os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), e os micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco), todavia existem outros nutrientes que beneficiam a planta, tidos como benéficos, o cobalto, importante para a fixação biológica de nitrogênio, o silício, aumenta o enrijecimento dos tecidos, e o sódio, aumenta a velocidade na regeneração da PEPcase.

Para a soja, o N é o nutriente mais requerido para a produção de grãos, onde são necessários no mínimo 80kg do nutriente para a planta conseguir produzir 1 tonelada de grãos (SOUSA, 2020). No entanto, a adubação nitrogenada na soja não é normalmente utilizada, pois ocorre associações das plantas com bactérias diazotróficas pelo processo natural da fixação biológica de nitrogênio, que supre a necessidade de N da planta (KORBER et al., 2017). O fósforo é um elemento limitante a planta devido a sua tendência a realizar ligações covalentes com cátions de cálcio, ferro e alumínio, presentes no solo, tornando-se indisponível para a planta (NUNES et al., 2011; SOUSA et al., 2016). Além disso, o P está presente nos ácidos nucléicos (ligações fosfodiéster), nucleotídeos, fosfolipídios, fornece energia na forma de ATP, ADP e AMP nos processos de respiração e fotossíntese, sendo crucial para a manutenção do funcionamento metabólico da planta (SOUSA, 2020).

2.2 Benefícios dos Micro-organismos para a Soja

2.2.1 Bactérias Solubilizadoras de Fosfato

O fósforo é um macronutriente extraído de rochas fosfáticas (fosforites), sendo um recurso finito, não renovável (PANTANO et al., 2016). Sua baixa nos solos pode causar uma redução de até 15% na produtividade das culturas (ELHAISSOUFI et al., 2021), pois causa abortamento floral, redução de massa de grãos, além de prejudicar os processos de respiração e fotossíntese (BATISTELLA FILHO et al., 2013; BARGAZ et al., 2021). Nos solos ácidos do Cerrado Brasileiro, e do mundo, um processo de ocorrência muito comum é a ligação covalente dos ânions fosfóricos (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}) com cátions divalentes (Ca^{++} , Fe^{++} e Al^{++}), formando espécies de fosfatos insolúveis e, em consequência, indisponíveis para às plantas (MILANESI, 2015).

Neste caso, um recurso a ser explorado, é a utilização dos micro-organismos solubilizadores de fosfato (MSF), uma opção sustentável e econômica para os entraves explanados acima. Os MSF encontram-se principalmente na rizosfera das plantas e atuam de duas formas principais, liberando ácidos orgânicos, como ácidos láctico, glicólico, cítrico, málico, tartárico, entre outros, que irão dissolver o fosfato complexado; ou como quelante dos cátions que se ligam ao fosfato (MENDES e REIS JUNIOR; 2003). Essas reações só são possíveis devido a ação das enzimas fosfatases e fitases, que são catalizadoras da quebra dos ésteres e anidridos de H_3PO_4 (MARRA, 2012).

2.2.2 Fixação biológica de nitrogênio

As leguminosas, possuem uma característica peculiar que as colocam em vantagem perante as outras plantas, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) (SOUSA L., 2020). De uma forma simples, a FBN é a conversão do N_2 atmosférico, gás inerte, em uma forma absorvível pelas plantas (CARDOSO e ANDREOTE, 2012).

O processo todo ocorre nas raízes da planta, por meio das bactérias diazotróficas de vida livre ou associativas, e simbióticas. As bactérias diazotróficas simbióticas, realizam associação mutualística com a planta, formando os nódulos fixadores, onde as bactérias se beneficiam dos produtos da fotossíntese fornecidos pela planta, e a planta recebe o nitrogênio necessário para seu desenvolvimento (CASSETARI, 2015). Essas bactérias geralmente são dos gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Photorhizobium*, *Rhizobium* e/ou *Sinorhizobium* (BERDUGO, 2012).

O N_2 é um gás muito estável com tripla ligação, sua conversão exige uma alta demanda energética, em média 16 ATPs para cada molécula de N_2 reduzida pelo complexo nitrogenase, para formar duas moléculas de NH_3 (BERDUGO, 2012). Abaixo a equação:



Ao contrário das bactérias simbióticas, as bactérias fixadoras de vida livre, ou endofíticas, não estimulam o enovelamento dos pelos radiculares que formam os nódulos, elas colonizam regiões da planta as quais a presença de oxigênio é menor, o que interferiria no funcionamento da nitrogenase (GUIMARÃES et al., 2017).

2.2.3 Controle Biológico

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* é um necrotrófico que ataca diversas espécies de plantas, incluindo a soja, causando inúmeras perdas e incontáveis prejuízos. Ele agride os tecidos da planta causando sua morte, onde uma das formas de ataque é através da liberação de ácido oxálico que realizará o sequestro de carboidratos da parede celular, ocasionando lesões na planta e sua futura morte (KABBAGE et al., 2015).

Controle biológico é uma das formas de controle de doenças de plantas, onde encontramos micro-organismos com potencial antagônico aos fitopatógenos. Esses micro-organismos são considerados antagônicos por apresentarem mecanismos contra o fitopatógeno, como, antibiose, competição por espaço e nutrientes, indução de resistência a planta hospedeira, dentre outros (BULHÕES et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos Micro-organismos

Foram avaliados 10 isolados bacterianos pertencentes ao estoque de micro-organismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano – *Campus* Rio Verde, isolados da rizosfera de plantas de soja.

3.2 Solubilização de CaHPO_4 e FePO_4

As culturas bacterianas foram padronizadas com DO_{600} de 0,2 por meio de diluição com solução salina (0,85%) e inoculadas em triplicata, 1 mL em cada vidro de penicilina contendo 9 mL de meio de cultura GL (10g glicose, 2g extrato de levedura), suplementado separadamente com duas fontes fosfatadas: 5g L^{-1} de fosfato de cálcio (CaHPO_4) e 2g L^{-1} de fosfato de ferro (FePO_4) e pH do meio ajustado para 6,5. Essas permaneceram sob agitação constante a 90rpm, durante 72 h, a 28°C. Como controle, utilizou-se o meio GL com cada fonte de fosfato. Posteriormente, foi realizada a medição do pH. Os testes foram realizados em triplicata. A quantidade de P inorgânico, foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Murphy e Riley (1962). A quantidade de P solubilizado foi obtida subtraindo o P solúvel da amostra inoculada da

amostra de controle não inoculada correspondente. A solubilização dos fosfatos pelos isolados bacterianas foi estimada utilizando a equação da curva padrão.

3.3 Fixação de Nitrogênio

As atividades de fixação de N foram examinadas observando o crescimento em meio NFb semi-sólido livre de N (Döbereiner et al., 1995). Foram inoculadas alíquotas de 0,1 mL em frascos de vidro contendo o meio de cultura NFb (5g ácido málico, 5mL solução de fosfato de potássio dibásico, 2mL solução de sulfato de magnésio heptahidratado, 1mL solução de cloreto de sódio, 2mL cloreto de cálcio dihidratado, 2mL azul de bromotimol 0,5% em 0,2N de KOH, 2mL solução de micronutrientes para meio de cultura, 4mL solução EDTA de ferro, 1mL solução de vitamina para meio de cultura, 4,5g hidróxido de potássio, 1,8g/L ágar). Estes foram incubados a 28 °C e o crescimento avaliado aos 3 dias, verificando-se o aparecimento ou não da película característica para as bactérias diazotróficas. Para meios de comparação, utilizou-se como controle positivo o meio de cultura inoculado com *Azospirillum brasiliense* e como controle negativo o meio sem inoculação.

3.4 Antagonismo ao Fungo *Sclerotinia sclerotiorum*

A atividade antagonista das rizobactérias foi avaliada frente ao fitopatógeno *S. sclerotiorum*. Os testes foram conduzidos em meio BDA pela técnica de cultura dupla (MEW E ROSALES, 1986). Inicialmente, foi realizada uma seleção dos isolados, onde um disco de micélio de 5 mm do fitopatógeno foi colocado no centro da placa e quatro micro-organismos em pontos equidistantes na placa. Como controle, foi utilizado uma placa contendo apenas o fungo na região central. As placas foram incubadas em temperatura ambiente, por 7 dias. A formação de halo entre as estirpes sob desafio, foi considerada como indicador de antibiose e, na sequência, em triplicata, nas mesmas condições. O diâmetro do micélio foi medido para determinar a porcentagem de inibição do crescimento do fungo na presença da bactéria, calculada através do índice de inibição relativo ($IR\% = (RC - RX) \times 100 / RC$).

3.5 Análise Estatística

Os testes foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, em triplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância e a média relativa referentes à solubilização de fosfatos, comparadas pelo teste Scott-Knott (5%). As análises foram realizadas por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atividade de Solubilização de Fosfato por Isolados

A atividade de solubilização de fosfato foi avaliada com as fontes de fosfato de cálcio e fosfato de ferro (Tabela 1). Os isolados SAF9; SAC36 e SAF11 apresentaram maiores valores de solubilização de fosfato de cálcio, enquanto os isolados SAF9; SBF3; SAF1; BRC9; SAC36 e BRF28 apresentaram os maiores valores para solubilização de fosfato de ferro diferindo significativamente dos demais isolados avaliados.

Tabela 1 – Quantificação da solubilidade do fosfato de cálcio (CaHPO₄) e fosfato de ferro (FePO₄) e valores de pH dos dez isolados da rizosfera de soja, Rio Verde, Goiás.

Isolados	CaPO ₄		FePO ₄	
	Solubilização (mg L ⁻¹)	pH	Solubilização (mg L ⁻¹)	pH
SAF9	12,20A	4,0A	8,40A	4,3B
SAC36	10,87A	3,7A	6,61A	4,4B
SAF11	10,54A	3,5A	7,43A	4,4B
SAC35	9,11B	7,1D	4,95B	2,3A
BRC11	8,31B	4,0A	4,60B	3,9B
SAC33	8,10B	6,9D	3,63B	7,9E
BRC9	8,03B	4,0A	7,34A	7,0D
BRC7	7,53B	3,6A	3,33B	7,7E
BRF28	6,79B	5,2A	6,32A	5,2C
SBF3	3,61C	6,9B	7,62A	4,3B
Controle	0,62D	6,2C	0,13C	6,6D

Os valores de codificação de mesma letra na coluna (maiúsculas) não diferiram significativamente em $p = 0,05$ (Teste Scott-Knott).

Ma et al. (2018) isolando bactérias solubilizadoras de fosfato de cálcio da rizosfera de plantas como o amendoim, algodão, tabaco e alface encontraram valores de 10,17 mg L⁻¹ de P em meio líquido pela cepa *Paenibacillus mucilaginosus*. Enquanto Yang et al. (2012) ao determinar a atividade de solubilização de fosfato tricálcico em solos ricos em P na China, obteve valores de 63,93; 69,63 e 59,09 mg L⁻¹ de solubilização de P para as cepas *Enterobacter ludwigii*; *Pseudomonas mediterrânea* e *Bacillus aryabhatai*, respectivamente.

Como esperado, os menores valores do pH final se correlacionaram moderadamente com os maiores níveis de solubilização de CaPO₄ com valores de 3,5 a 4,0 para os isolados SAF9, SAC36 e SAF11 ($r = -0,54$) e valores de pH variando de 4,3 a 7,0 para os isolados solubilizadores de FePO₄, indicando uma correlação fraca ($r = -0,43$) (Tabela 1).

Dentre as bactérias que se destacaram em solubilizar fosfato de CaHPO_4 e FePO_4 , os isolados SAF09; SAF11 e SAC36 se destacaram das demais e apresentaram acidificação do meio de cultura (Tabela 1).

A redução do pH pelos isolados bacterianos se correlaciona com níveis crescentes de P solúvel (Tabela 1), conforme observado por Silva et al. (2020). A acidificação do meio pode ocorrer pela produção de ácidos orgânicos, liberação de íons H^+ durante a assimilação do amônio (NH_4^+) ou por outras reações metabólicas que desencadeiam a extrusão de prótons, como a respiração, sendo esses os principais mecanismos relatados como responsáveis por tornar o P disponível a partir de fontes insolúveis (SHARMA et al. 2013). Além disso, a eficiência dos ácidos orgânicos na solubilização do P está relacionada à formação de complexos que atuam na quelatação dos íons que estão ligados ao P, tornando-o solúvel (MENDES et al. 2015).

4.2 Fixação de Nitrogênio

Neste estudo, a capacidade de fixar nitrogênio dos isolados avaliados foi determinada qualitativamente, quando inoculados em meio semi-sólido sem N em três repetições (Figura 1). Todos os isolados, exceto pelo SAC33 (Figura 1 e), apresentaram uma fina película em forma de véu característica dos gêneros bacterianos fixadores de N. Dentre os isolados avaliados, BRC07, BRC09, BRC11 e SBF03 (Figura 1 a, b, c, j) apresentaram uma película fina visível com maior intensidade que os demais isolados em relação ao controle.

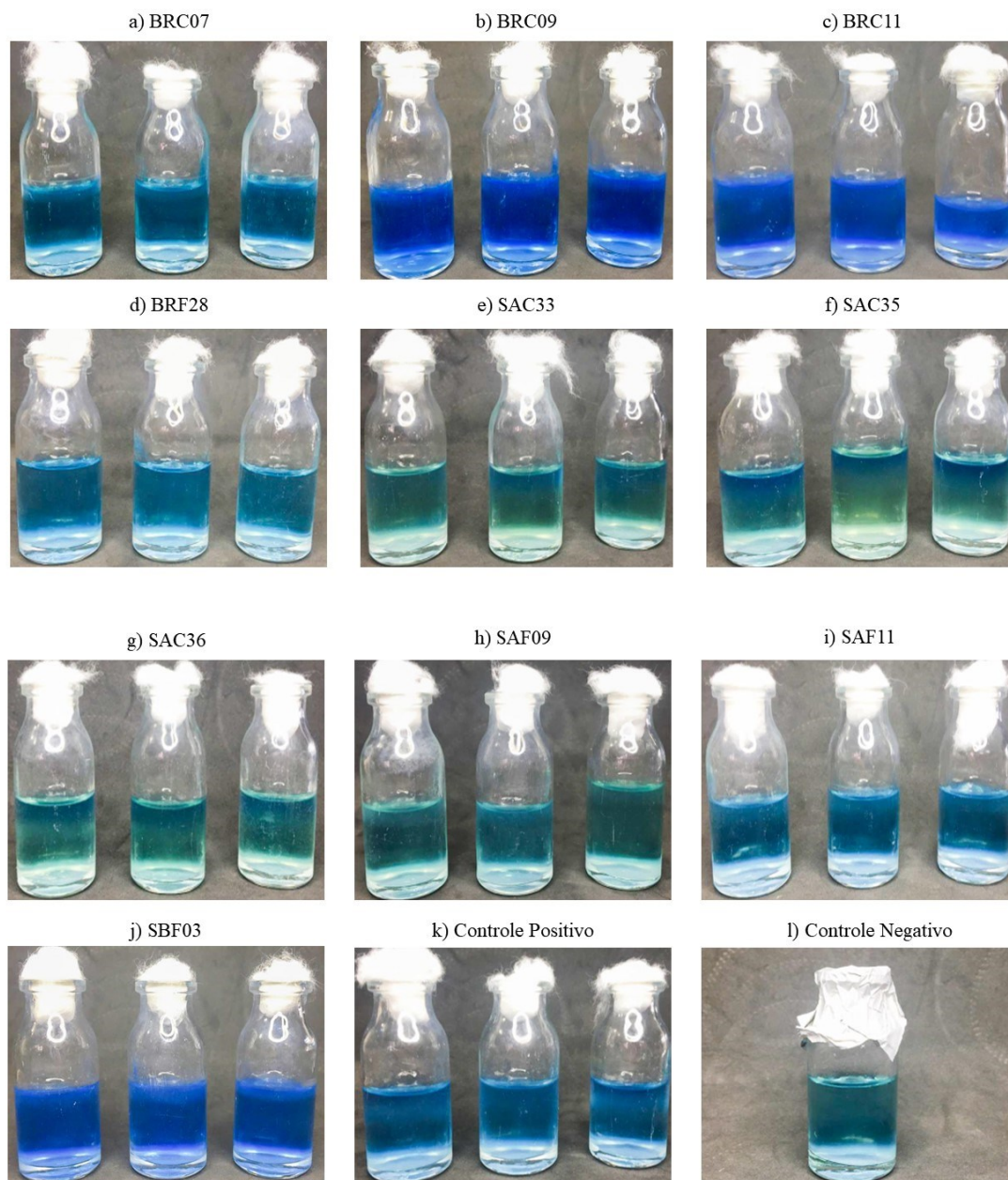


Figura 1 – Teste *in vitro* para capacidade de fixação de nitrogênio no meio de cultura NFb, IF Goiano – *Campus* Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Kuklinsky-Sobral et al. (2004) isolaram de folhas, caules e raízes de duas cultivares de soja um total de 361 bactérias epifíticas e 373 endofíticas identificadas como pertencentes aos gêneros *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Enterobacter*, *Pantoea* e *Acinetobacter* encontraram que 60% dos isolados endofíticos e 69% dos epifíticos foram capazes de fixar nitrogênio *in vitro*.

Embora tenham um metabolismo aeróbico, os isolados bacterianos são sensíveis ao oxigênio (O₂) e devido a isso, deslocam-se para regiões do meio de cultura onde a taxa de difusão de O₂ esteja em equilíbrio com sua taxa respiratória formando uma película em forma de véu (Figura 1). Esse fenômeno chamado aerotaxia, permite que seja gerada energia utilizando o O₂ como aceptor de elétrons e ao mesmo tempo evita que a nitrogenase, que é sensível ao O₂, seja desativada (DOBEREINER et al. 1995).

Di Salvo e Salamone (2019), em seu trabalho realizado com *A. brasiliense*, relatam que uma vez que é iniciado o crescimento, o meio de cultura inicia a mudança da cor verde para o azul, o início dessa mudança pode ser observado, principalmente, nos isolados, SAC 33, SAC 35, SAC 36 e SAF09 (Figura 1 e, f, g, h), apesar do primeiro não ter produzido a película aerotorácica característica dos fixadores de N. Essa alteração de cor ocorre devido à alcalinização do meio, e uma vez que o corante azul de bromotimol é um corante redox, a alteração do pH leva à sua mudança de cor, podemos observar a alteração total de cor nos isolados BRC07, BRC09, BRC11, SAF11, SBF03 e no Controle (Figura 1 a, b, c, i, j, k).

4.3 Antagonismo ao fitopatógeno *S. sclerotiorum*

As análises revelaram que todos os isolados avaliados apresentaram inibição dos fitopatógenos avaliados, mas em diferentes porcentagens (Tabela 2).

Tabela 2. Inibição do crescimento micelial do fungo fitopatogênicos *Sclerotinia sclerotiorum* por isolados bacterianos rizosféricos em testes de antagonismo *in vitro*, Rio Verde, Goiás.

<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		
Isolados	R.C ¹ (cm)	I.R. ² (%)
SAF9	4,6 a	51,8
BRC11	5,4 a	43,4
SAF11	5,9 b	38,2
BRC7	6,4 b	33,1
BRF28	6,5 b	32,0
SAC33	7,0 c	26,1
BRC9	7,2 c	25,1
SAC36	7,2 c	25,1
SAC35	7,2 c	25,1
SBF3	7,3 c	23,3
Controle	9,6 d	0
CV(%)	7,52	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

¹Raio médio da colônia do fitopatógeno. ²Inibição relativa.

Os isolados SAF9 e BRC11 apresentaram a maior inibição do crescimento micelial para o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Tabela 2) diferindo estatisticamente dos demais isolados avaliados.

A atividade antagonista testada em nosso estudo suprimiu o crescimento micelial de *S. sclerotiorum* em porcentagens que variaram de 23,3 a 51,8% (Tabela 2 e Figura 2). Os isolados SAF9 e BRC11 se destacaram na inibição do crescimento micelial do fungo avaliado (Figura 2). Rocha et al. (2020) encontraram IR=30,25% para bactérias Gram+ isoladas da rizosfera de *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá) contra o fitopatógeno *S. sclerotiorum* em solos do Cerrado.

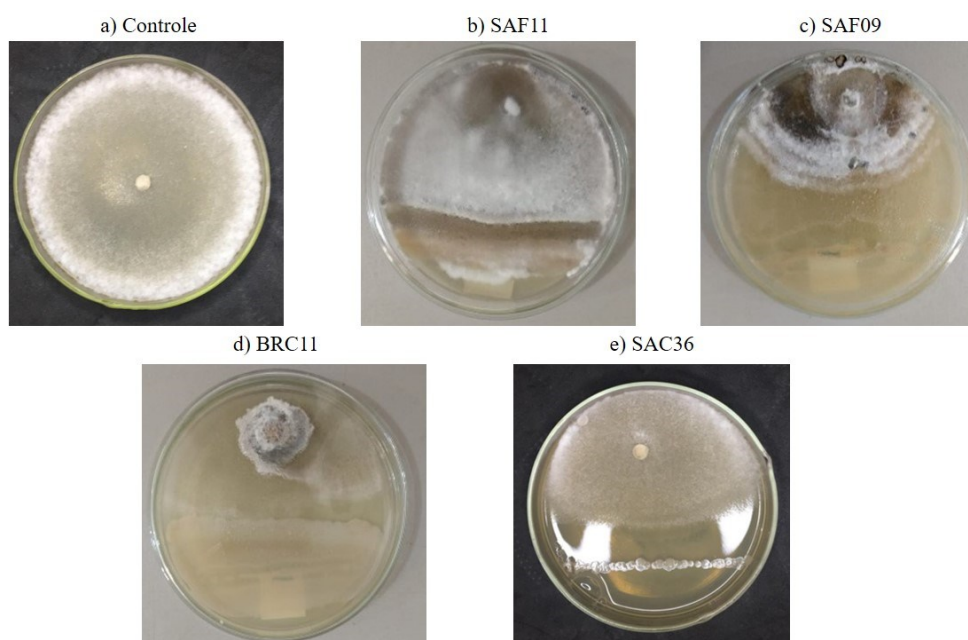


Figura 2 - Inibição do crescimento micelial *in vitro* do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em comparação ao controle aos 7 dias de inoculação em meio BDA, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

5 CONCLUSÃO

Os isolados BRC11, SAC36, SAF09 e SAF11, apresentaram características de promoção de crescimento vegetal como potencial para solubilização de fosfatos de cálcio e ferro, fixação de nitrogênio, antagonismo ao fungo *S. sclerotiorum*, representando assim alternativa estratégica para a intensificação sustentável de sistemas agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAMONDI, G. R.; et al. Plant growth-promoting effects of rhizospheric and endophytic bacteria associated with different tomato cultivars and new tomato hybrids. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2016.
- ANAND, K et al. A. Phosphate solubilizing microbes: an effective and alternative approach as biofertilizers. **J Pharm Pharm Sci**, v. 8, n. 2, p. 37, 2016.
- BARGAZ, A.; et al. Benefits of phosphate solubilizing bacteria on belowground crop performance for improved crop acquisition of phosphorus. **Microbiological Research**, v. 252, n. 126842, 2021.
- BARREIROS, A. R. D. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal em capim paiguás e capim ruziziensis**. 2020. xii, 71 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.
- BATISTELLA FILHO, F.; et al. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 783-790, 2013.
- BERDUGO, S. E. B. **Fixação biológica de N₂ e diversidade de bactérias diazotróficas numa Floresta de Restinga**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências: Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: história e estatística. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 1987.
- BULHÕES, C. C.; DE MELO, I. S.; SHIOMI, H. F. Biocontrole da antracnose em frutos de maracujá amarelo por bactérias antagônicas a fitopatógenos. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. 2. Ed. In: CASSETARI, A. S. et al. **Fixação Biológica de Nitrogênio Associativa e de Vida Livre**. Piracicaba: ESALQ, 2015.
- CASSÁN, F.; VANDERLEYDEN, J.; SPAEPEN, S. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 33, n. 2, p. 440-459, 2014.
- CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & Crops and Lipids - OCL**, v. 25, n. 1, p. 1-12, 2018.
- CORDEIRO, J. E. B. **Desempenho agrônômico do milho em resposta à inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas**. 2017. 81f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) - Universidade Federal de Viçosa, Florestal. 2017.
- DE MATTOS, J. V.; CAIRES, E. F.; GALVÃO, C. W. Efeito de bioestimulante de solo na nutrição e no rendimento de grãos de soja. In: **SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**, 1, 2020, Monte Carmelo, Anais... **SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**, 2020. Disponível em: < <https://doity.com.br/anais/sicaa2020/trabalho/162683> >
- DÍ SALVO, L. P.; DE SALAMONE, I. E. G. Veil-like pellicle development by *Azospirillum brasilense* in semisolid NFB medium. **Revista Argentina de microbiologia**, v. 51, n. 2, p. 184-185, 2019.
- DÖBEREINER, J.; V. L. BALDANI; J. I. BALDANI. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Embrapa-SPI, Itaguaí. Embrapa CNPAB, Brasília, p. 60, 1995.

- DUARTE, C. F. D.; et al. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e630985978-e630985978, 2020.
- DUBEY, Anamika et al. Growing more with less: breeding and developing drought resilient soybean to improve food security. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 425-437, 2019.
- ELHAISSOUFI, W.; et al. Phosphate bacterial solubilization: A key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. **Journal of Advanced Research**, 2021.
- ENGROFF, T. D. **Pré-inoculação e tratamento industrial de sementes: efeito na fixação biológica de nitrogênio, no desenvolvimento e na produtividade da soja**. 2019. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba, 2019.
- ESITKEN, A.; et al. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. **Scientia horticulturae**, v. 124, n. 1, p. 62-66, 2010.
- FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.
- GUIMARÃES, V. F.; et al. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações. **Ciências Agrárias: Ética Do Cuidado, Legislação e Tecnologia Na Agropecuária**. Centro de Ciências Agrárias/Unioeste, Marechal Candido Rondon, p. 193-212, 2017.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 2014.
- KABBAGE, M.; YARDEN, O.; DICKMAN, M. B. Pathogenic attributes of *Sclerotinia sclerotiorum*: switching from a biotrophic to necrotrophic lifestyle. **Plant science**, v. 233, p. 53-60, 2015.
- KHAN, M. M. A.; KHATUN, A.; ISLAM, M. T. Promotion of plant growth by phytohormone producing bacteria. **Microbes in Action; Nova Science Publishers: New York, NY, USA**, p. 1-43, 2016.
- KORBER, A. H. C.; et al. Adubação nitrogenada e potássica em soja sob sistemas de semeadura. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 4, p. 38-45, 2017.
- KUKLINSKY-SOBRAL, J.; ARAÚJO, W. L.; MENDES, R.; et al. Isolation and characterization of soybean-associated bacteria and their potential for plant growth promotion. **Environmental Microbiology**, v. 6, n. 12, p. 1244–1251, 2004.
- LIMA, R. L. F. de A. Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 03, p. 1062-1079, 2020.
- LIU, X.; et al. Geographic differentiation and phylogeographic relationships among world soybean populations. **The Crop Journal**, v. 8, n. 2, p. 260-272, 2020.
- MA, M.; JIANG, X.; WANG, Q.; et al. Isolation and identification of PGPR strain and its effect on soybean growth and soil bacterial community composition. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 20, n. 6, p. 1289–1297, 2018.
- MARRA, L. M. Solubilização de fosfatos por bactérias e sua contribuição no crescimento de leguminosas e gramíneas. 2012. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2012.

- MEENA, V. S.; et al. Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to improve nutrients use efficiency: a review. **Ecological Engineering**, v. 107, p. 8-32, 2017.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. Microrganismos e Disponibilidade de Fósforo (P) nos Solos: uma análise crítica. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico**, v. 85, p. 11-13, 2003.
- MENDES, G. DE O.; DA SILVA, N. M. R. M.; ANASTÁCIO, T. C.; et al. Optimization of *Aspergillus niger* rock phosphate solubilization in solid-state fermentation and use of the resulting product as a P fertilizer. **Microbial Biotechnology**, v. 8, n. 6, p. 930–939, 2015.
- MEW, T. W.; ROSALES, A. M. **Bacterization of rice plants for control of sheath blight caused by *Rhizoctonia solani***. *Phytopathology*, v. 76, p. 1260-1264, 1986.
- MILANESI, Júnior Henrique. **Adubação da cultura da soja baseada nos teores mínimos de fósforo e potássio no solo**. Monografia (Pós Graduação em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2015.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica chimica acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.
- NASCIMENTO, J. T. R. et al. Avaliação do estado nutricional da cultura da soja em áreas produtivas na região de Carolina–MA. In: **JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO**, 10, 2019, Palmas, Anais... JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 2019. p. 1 – 8. Disponível em: <<https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/10jice/paper/view/9679>>
- NUNES, R. D. S.; et al. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 877-888, 2011.
- PACENTCHUK, F.; et al. Efeito da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e39291211360-e39291211360, 2020.
- PANTANO, G.; et al. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, p. 732-740, 2016.
- PÍPOLO, A. E.; et al. Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. **Embrapa Soja-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2015.
- SANTOS, A. P. et al. Extremophilic bacteria restrict the growth of *Macrophomina phaseolina* by combined secretion of polyamines and lytic enzymes. **Biotechnology Reports**, v. 32, p. e00674, 2021.
- SANTOS, C. da C. **Efeito da aplicação nitrogenada suplementar tardia na cultura da soja cultivada em latossolos do cerrado**. 2019. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agronegócio) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, Uruçuí, 2019.
- SANTOS, D. M. dos. **Inoculação de bactérias promotoras do crescimento de plantas em *Brachiaria brizantha* cv. brs Paiaguás e *Brachiaria ruziziensis* em déficit hídrico**. 2020. xii, 77 f. Tese (doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.
- SANTOYO, G.; et al. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological research**, v. 183, p. 92-99, 2016.
- SAYYED, R. Z. et al. Siderophore producing PGPR for crop nutrition and phytopathogen suppression. In: **Bacteria in agrobiolgy: disease management**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 449-471.

- RESENDE, A. V. et al. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. In: RESENDE, A. V. et al. **Tópicos de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, 2019, v. 10, p. 342-398.
- SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 1–14, 2013.
- SILVA, C. F.; VITORINO, L. C.; MENDONÇA, M. A. C.; et al. Screening of plant growth-promoting endophytic bacteria from the roots of the medicinal plant *Aloe vera*. **South African Journal of Botany**, v. 134, p. 3–16, 2020.
- SOUSA, D. M. G.; et al. Manejo do fósforo na região de Cerrado. In: Flores, R. A.; DA CUNHA, P. P. **Práticas de manejo de solo para adequada nutrição de plantas no cerrado**. Goiânia: UFG, 2016. Manejo do fósforo na região do Cerrado, p.291-357.
- SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 2, p. 140-145, 2019.
- SOUSA, I. T. L. de. **Fertilizante organomineral fosfatado farelado na cultura da soja**. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.
- STONOHAR-ARTHUR, C.; WANG, D. Tough love: accommodating intracellular bacteria through directed secretion of antimicrobial peptides during the nitrogen-fixing symbiosis. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 44, p. 155-163, 2018.
- ROCHA, A. F. de S.; VITORINO, L. C.; BESSA, L. A.; et al. Soil parameters affect the functional diversity of the symbiotic microbiota of *Hymenaea courbaril* L., a Neotropical fruit tree. **Rhizosphere**, v. 16, 2020.
- TAMAGNO, S. et al. Nutrient partitioning and stoichiometry in soybean: A synthesis-analysis. **Field Crops Research**, v. 200, p. 18-27, 2017.
- USDA – United States Department of Agriculture. **World Agriculture Production**. 2022. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.
- VELLOSO, C. C. V.; et al. Resposta diferencial de genótipos de milho à inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2019.
- YAISH, M. W.; ANTONY, I.; GLICK, B. R. Isolation and characterization of endophytic plant growth-promoting bacteria from date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.) and their potential role in salinity tolerance. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 107, n. 6, p. 1519-1532, 2015.
- YANG, P. X.; MA, L.; CHEN, M. H.; et al. Phosphate Solubilizing Ability and Phylogenetic Diversity of Bacteria from P-Rich Soils Around Dianchi Lake Drainage Area of China. **Pedosphere**, v. 22, n. 5, p. 707–716, 2012.
- YOUNG, T.; et al. Optimized nitrogen application methods to improve nitrogen use efficiency and nodule nitrogen fixation in a maize-soybean relay intercropping system. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 3, p. 664-676, 2018.