



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO –
CAMPUS GUANAMBI

MARIA EDUARDA BORGES DA SILVA RIBEIRO

ISOLAMENTO E SELEÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS COM
POTENCIAL DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO E
BIOCONTROLE

GUANAMBI - BA
2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO –
CAMPUS GUANAMBI

MARIA EDUARDA BORGES DA SILVA RIBEIRO

**ISOLAMENTO E SELEÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS COM
POTENCIAL DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO E
BIOCONTROLE**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Baiano –
Campus Guanambi como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Prof(a). Dra. Joice Andrade Bonfim

Orientador(a)

GUANAMBI - BA
2025



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e
Tecnológica Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
Campus Guanambi

Declaração 258/2025 - GBI-CGE/GBI-DDE/GBI-DG/RET/IFBAIANO

MARIA EDUARDA BORGES DA SILVA RIBEIRO

ISOLAMENTO E SELEÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS COM POTENCIAL DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO E BIOCONTROLE

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau
de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

APROVADO em 08 de maio de 2025.

DSc. Joice Andrade Bonfim, IF Baiano
(Presidente da Banca – Orientadora)

DSc. Hugo Roldi Guariz
Membro 1 da banca, IF Baiano

DSc. Suane Coutinho Cardoso
Membro 2 da banca, IF Baiano

Documento assinado eletronicamente por:

- Joice Andrade Bonfim de Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/05/2025 11:48:58.
- Hugo Roldi Guariz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/05/2025 18:37:12.
- Suane Coutinho Cardoso, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/05/2025 08:07:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/05/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse
<https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 694864
Verificador: ae765079be
Código de
Autenticação:



Distrito de Ceraíma, S/N, Zona Rural, GUANAMBI / BA,

CEP 46430-000

Fone:(77)3493-2100

Catálogo: Leidiane Reis - CRB-5/1959

IF Baiano, Campus Guanambi

R484i Ribeiro, Maria Eduarda Borges da Silva
Isolamento e Seleção de Rizobactérias com Potencial de
Promoção de Crescimento e Biocontrole. / Maria Eduarda
Borges da Silva Ribeiro.-- Guanambi, Ba., 2025.
36f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano -
Campus Guanambi.

Orientador (a): Joice Andrade Bonfim.

1. Controle biológico. 2. Fertilizantes. 3. Microrganismos.
I. Título.

CDU: 632

DEDICATORIA

Dedico este trabalho aos meus pais e minha irmã, que são meu alicerce, sempre me apoiaram e acreditaram em mim. Dedico ao meu noivo pela paciência e apoio constante. Dedico também aos verdadeiros amigos que trilharam comigo essa jornada.

AGRADECIMENTO

“Até aqui nos ajudou o Senhor” (1 Samuel 7:12). Agradeço primeiramente a Deus por ser meu sustento diante de toda dificuldade imposta e meu guia em cada passo dessa jornada que vai se findando. Aos meus pais, Jackson Ribeiro e Irene Borges, meu alicerce e minha força, que me apoiaram incondicionalmente. A Aloísio pelo amor, paciência e incentivo. Agradeço a minha orientadora, Joice Andrade, por me acolher com paciência, pela generosidade em compartilhar seu conhecimento e tempo comigo, e ao Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, por ter sido mais que um lugar de formação acadêmica. Agradeço também aos meus amigos que me apoiaram direta ou indiretamente, em especial Lília, Maicon Rian, Mateus Cruz e Natanael, que ajudaram na realização desse trabalho, deixando a jornada mais leve

RESUMO

RIBEIRO, Maria Eduarda Borges da Silva. **Isolamento e Seleção de Rizobactérias com Potencial de Promoção de Crescimento e Biocontrole**. 2025. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi. Guanambi-BA, 2025.

A baixa disponibilidade de fósforo (P) encontrada nos solos, faz com que os agricultores adicionem grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, para alcançar altos níveis de produtividade. Essa prática aumenta muito os custos de produção, devido o preço dos fertilizantes. Como alternativa de manter a produtividade sem agredir o meio ambiente, agricultores de todo o mundo têm utilizado produtos biológicos contendo microrganismos benéficos para as plantas, como as bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP). Com isso, objetivou-se isolar e selecionar bactérias com potencial de promoção de crescimento de plantas, por meio da solubilização de P e produção de ácido indol acético (AIA) e antagonismo a *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae*. As bactérias foram isoladas em meios de cultura específicos para verificar a capacidade de solubilizar fosfato, onde 15 bactérias foram eficientes na solubilização do fosfato de cálcio, e as 5 que apresentaram maior índice de solubilização (< 2) foram selecionadas para confecção do inoculante. Em bioensaio de pareamento direto, a cepa BSM-2 inibiu 60,62% do crescimento micelial do *F. solani passiflorae*. Na fase de campo foi adicionado 2 ml do inoculante ao redor das sementes de feijão-caupi em vasos com solo autoclavado, após 45 dias foi avaliado a massa fresca e seca das raízes e parte aérea, teor de fósforo no solo, que revelou teores baixos (10,42 a 13,10 mg/L), indicando condição favorável a atividade microbiana. A produção de AIA variou de 0 a 11,03 µg/mL, com a cepa BSMV-4 tendo a maior produção, seguida da BSC-3 e BSM-2. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a ANOVA seguido da análise pelo teste de Tukey. Os resultados indicam que as cepas BSMV-4, BSC-3 e BSM-2, são promissoras para promoção do crescimento de plantas, enquanto que a cepa BSM-2 também se mostrou promissora para o biocontrole.

PALAVRAS- CHAVE: *Fusarium solani passiflora*; *Vigna unguiculata* L. Walp; controle biológico

ABSTRACT

RIBEIRO, Maria Eduarda Borges da Silva. **Isolation and Selection of Rhizobacteria with Growth Promotion and Biocontrol Potential**. 2025. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus Guanambi*. Guanambi-BA, 2025.

The low availability of phosphorus (P) found in soils causes farmers to add large amounts of phosphate fertilizers to achieve high levels of productivity. This practice greatly increases production costs, due to the price of fertilizers. As an alternative to maintaining productivity without harming the environment, farmers around the world have used biological products containing microorganisms beneficial to plants, such as phosphorus-solubilizing bacteria (BSP). The objective of this study was to isolate and select bacteria with potential to promote plant growth, through P solubilization and production of indole acetic acid (IAA) and antagonism to *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae*. The bacteria were isolated in specific culture media to verify the ability to solubilize phosphate, where 15 bacteria were efficient in solubilizing calcium phosphate, and the 5 that presented the highest solubilization index (< 2) were selected for the preparation of the inoculant. In a direct pairing bioassay, the BSM-2 strain inhibited 60.62% of the mycelial growth of *F. solani* *passiflorae*. In the field phase, 2 ml of the inoculant was added around the cowpea seeds in pots with autoclaved soil, after 45 days the fresh and dry mass of the roots and shoots, phosphorus content in the soil was evaluated, which revealed low levels (10.42 to 13.10 mg/L), indicating favorable conditions for microbial activity. EIA production ranged from 0 to 11.03 $\mu\text{g/mL}$, with the BSMV-4 strain having the highest production, followed by BSC-3 and BSM-2. The data obtained were submitted to the Shapiro-Wilk normality test, ANOVA followed by analysis by the Tukey test. The results indicate that the BSMV-4, BSC-3 and BSM-2 strains are promising for plant growth promotion, while the BSM-2 strain also showed promise for biocontrol.

PALAVRAS- CHAVE: *Fusarium solani* *passiflorae*; *Vigna unguiculata* L. Walp; Biological Control

Lista de figuras

FIGURA 1 - ISOLAMENTO BACTERIANO EM PLACAS DE PETRI COM MEIO YMA, GUANAMBI - BA, 2024.	17
FIGURA 2 - MEIO GL E GLM COM A ADIÇÃO DOS INDICADORES (A), E BACTÉRIAS RECÉM REPICADAS PARA MEIO DE CULTURA ESPECÍFICO PARA SEU CRESCIMENTO COM 5 COLÔNIAS NA PLACA (B), GUANAMBI - BA, 2024.	18
FIGURA 3 - MENSURAÇÃO DO DIÂMETRO DA COLÔNIA, GUANAMBI - BA, 2024.....	19
FIGURA 4 - REPICAGEM DE PLACA COM <i>F. SOLANI PASSIFLORAE</i> (A), E PLACA CONTENDO <i>F. SOLANI PASSIFLORAE</i> E BACTÉRIA (B), GUANAMBI - BA, 2024.....	20
FIGURA 5 - CRESCIMENTO DOS ISOLADOS APÓS 7 DIAS, GUANAMBI - BA, 2024.....	20
FIGURA 6 - MULTIPLICAÇÃO DAS BACTÉRIAS EM MEIO YMA LÍQUIDO, GUANAMBI - BA, 2024	22
FIGURA 7 - ERLLENMEYER COM TERRA FINA SECA AO AR E SOLUÇÃO EXTRATORA, GUANAMBI - BA, 2024	22
FIGURA 8 - TUBOS DE ENSAIO CONTENDO ISOLADO BACTERIANO E MEIO DE CULTURA LB PRONTOS PARA LEITURA EM ESPECTROFOTÔMETRO (A) E TUBOS DE ENSAIO COM A CURVA PADRÃO(B), GUANAMBI - BA, 2024.....	23

Lista de tabelas

TABELA 1 - ESCALA DE NOTAS PARA AVALIAR A AÇÃO DE CONTROLE BIOLÓGICO <i>IN VITRO</i> POR PAREAMENTO DIRETO.	21
TABELA 2 - ÍNDICE DE SOLUBILIZAÇÃO (I.S.) DE FOSFATO DE CÁLCIO DE ISOLADOS BACTERIANOS DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE LICÍNIO DE ALMEIDA - BA, 2024.	25
TABELA 3 - POTENCIAL DE INIBIÇÃO DE BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO SOBRE <i>F. SOLANI PASSIFLORA</i> POR PAREAMENTO DIRETO, EM BIOENSAIO EM PLACAS DE PETRI, E NOTAS ATRIBUIDAS CONFORME A ESCALA DE BELL ET AL., GUANAMBI - BA, 2024.....	26
TABELA 4 - PRODUÇÃO DE ÁCIDO INDOL ACÉTICO (AIA) PELAS BSP, GUANAMBI - BA, 2024.	27
TABELA 5 - MÉDIAS DE MASSA FRESCA DAS RAÍZES (MFR), MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (MFA), MASSA SECA DAS RAÍZES (MSR) E MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSA) DE PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI INOCULADA COM DIFERENTES BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO, GUANAMBI - BA, 2024.	28
TABELA 6 - TEOR DE FÓSFORO (P) ENCONTRADO NO SOLO PELO MÉTODO MEHLICH 1, GUANAMBI - BA, 2024.	29

Lista de abreviações

AIA	Ácido indol acético
BSP	Bactéria solubilizadora de fósforo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IS	Índice de solubilização
P	Fósforo
PIC	Porcentagem de inibição de crescimento
RPC	Rizobactéria promotora de crescimento
YMA	Yeast Mannitol Agar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. FÓSFORO (P) NA AGRICULTURA	13
2.2. RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPC) E BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO (BSP)	13
2.3. UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO (BSP) NO FEIJÃO-CAUPI	15
2.4. CONTROLE BIOLÓGICO	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. ISOLAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIZAÇÃO.....	17
3.2. AVALIAÇÃO DE AGENTE DE BIOCONTROLE	19
3.3. FASE DE CAMPO	21
3.4. MEHLICH 1 E PRODUÇÃO DE ÁCIDO INDOL ACÉTICO.....	22
3.5. ANÁLISE DE DADOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é o nutriente cuja reduzida disponibilidade limita o crescimento das plantas, pois ele é fundamental para o seu metabolismo e também para os microrganismos, e apesar de estar presente nos solos tanto nas formas orgânicas como inorgânicas sua indisponibilidade é recorrente. Entretanto, em muitos solos do mundo, bem como nas principais classes de solos do Semiárido, há deficiência de P na forma disponível para as plantas (Mendes *et al.*, 2022).

Dentre os processos biogeoquímicos que contribuem para maior disponibilidade de P, destaca-se a dissolução das formas pouco solúveis de P, tornando-as disponíveis para as plantas. Muitos microrganismos têm o potencial de aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. Bactérias, fungos, cianobactérias, fungos micorrízicos e actinobactérias, possuem a capacidade de solubilizar fosfatos por meio de diferentes mecanismos, especialmente pela produção de ácidos orgânicos, que permitem a mineralização do P orgânico e a solubilização de parte do P inorgânico indisponível para as plantas. Além disso, esses microrganismos podem promover o crescimento da planta fixando nitrogênio, produzindo fitohormônios, auxiliando na assimilação de nutrientes e promovendo resistência ao estresse e a patógenos.

O uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos na agricultura tem sido uma alternativa para diminuir ou até mesmo substituir o uso de fertilizantes fosfatados solúveis, mediante melhor aproveitamento dos fosfatos naturais existentes ou adicionados ao solo e dos formados pela aplicação de fontes solúveis. Dessa forma, a planta terá mais acesso ao P e isso refletirá em ganhos no crescimento e produtividade. Atualmente, já se encontra disponível no mercado produtos biológicos a base de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSP), com destaque para as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*. Entretanto, a pesquisa brasileira carece de estudos que selecione microrganismos adaptados a solos de condições mais adversas e estressantes, como os da região do Semiárido.

Além de solubilizar o P, esses microrganismos promovem o crescimento vegetal a partir da produção de fitohormônios, como o ácido indol acético, citocininas e giberelinas. Esses compostos são reguladores do crescimento vegetal e participam de processos fisiológicos, como a divisão e alongação celular, e o desenvolvimento radicular aumentando a absorção de nutrientes.

Com isso, objetivou-se isolar e selecionar bactérias com potencial de promoção de crescimento de plantas, por meio da solubilização de P e produção de ácido indol acético (AIA) e antagonismo a *Fusarium solani passiflorae*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.Fósforo (P) na agricultura

O fósforo (P) é um dos macronutrientes mais importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo o segundo mineral mais limitante à produção de grãos, depois do nitrogênio (Liang *et al.*, 2020). Desempenha um papel importante tanto na estrutura quanto no metabolismo vegetal (Ares *et al.*, 2022). É componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, como também de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos, é importante na transferência de energia da célula, na respiração, e na fotossíntese (Berumen *et al.*, 2024).

A deficiência de fósforo tem consequência direta e imediata na fotossíntese, e respiração (Hu *et al.*, 2025), e os seus sintomas são de crescimento reduzido ou nanismo, folhas verde-escuras ou podem apresentar coloração avermelhada, inicialmente nas mais velhas, manchas pardas, arroxeadas ou necróticas, secamento de folhas mais velhas, menor perfilhamento em cereais (Lima, 2020). Fazendo-se assim necessário um adequado manejo da fertilidade do solo.

Por se tratar de um nutriente essencial e de pouca disponibilidade nos solos, faz-se necessário lançar mão de fertilizantes fosfatados, porém, a adubação fosfatada apresenta baixa eficiência, pois grande parte do P adicionado torna-se imóvel ou não disponível, devido reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (Gallo, 2020), sendo necessária a aplicação de P superior a quantidade que é absorvida pelas plantas.

O aumento do uso de fertilizantes, pode levar à contaminação do solo por metais pesados, pode também causar a contaminação de lenções freáticos e rios (Su *et al.*, 2025), atuam como agentes acidificadores do solo, destroem os microrganismos presentes no solo, tornando-o pouco produtivo (Cirino *et al.*, 2021).

2.2. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPC) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP)

As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPC) são bactérias do solo que colonizam a rizosfera e ali estabelecem associações benéficas com as plantas (Andrade *et al.*, 2023). Essas interações resultam em aumento da biomassa e melhoria na absorção de nutrientes, as RPC são capazes de fixar nitrogênio atmosférico, solubilizar fósforo e outros minerais, além de sintetizar fitormônios (Timofeeva; Galyamova; Sedykh, 2023). Esses microrganismos apresentam uma versatilidade metabólica sendo capazes de se adaptar a solos de baixa fertilidade e condições de clima adverso (Liu *et al.*, 2025).

As RPC possuem alguns mecanismos de ação para auxiliar o desenvolvimento vegetal, dentre eles, têm-se a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, realizado por enzimas nitrogenases, deixando-o em forma assimilável pela planta (Costa, 2023), produção de sideróforos que são compostos de baixo peso molecular que complexam o ferro, ficando assim acessível a planta enquanto sua disponibilidade é limitada para patógenos (Deb; Tatung, 2024). Além disso, atuam na síntese de fitormônios como auxinas, que estimula a divisão e alongação celular, aumentando as raízes e sua capacidade exploratória do solo (Guerra *et al.*, 2023).

Dentre as RPC temos as bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP), são microrganismos que ao serem adicionados no solo são capazes de acelerar a liberação na rizosfera do fósforo inorgânico ou orgânico que não estão disponíveis e assim contribuem para uma maior aquisição de P pelas plantas (Oliveira *et al.*, 2024).

A solubilização do fósforo por estes microrganismos acontece por meio de dois mecanismos de ação. O primeiro mecanismo é denominado de mineralização, processo onde o fósforo é liberado de maneira instantânea para o solo, por uma ação enzimática das enzimas fosfatase que hidrolisam o fósforo orgânico. O segundo mecanismo acontece pela produção de ácidos orgânicos, inorgânicos e/ou diminuição do pH do solo pelas bactérias e fungos, que contribuem na solubilização do fosfato (Li *et al.*, 2023). No que diz respeito a produção de ácidos orgânicos, vai acontecer a partir da diminuição do pH da rizosfera levando a um aumento dos exsudatos radiculares que vão aumentar a disponibilidade do fósforo rizosférico, enquanto os ácidos inorgânicos solubilizam o fósforo por meio do processo de oxidação de compostos nitrogenados e enxofre inorgânico que vão reagir com fontes de fosfato deixando-a disponível e pode ocorrer também pela produção de sideróforos, que se trata de compostos orgânicos que possuem baixo peso molecular capaz de quelar o ferro. (Etesami; Jeong; Glick, 2021)

A solubilização do fosfato se dá a partir da liberação de prótons dissociados com os ácidos orgânicos liberados pelas BSP, que vão preservar a eletroneutralidade (Pan; Cai, 2023). Posteriormente a liberação, há uma alteração no pH da solução do solo presente na rizosfera e, por conseguinte uma mudança na disponibilidade do nutriente, favorecendo sua absorção pelas plantas. (Silva, *et al.*, 2018). Portanto, essas bactérias possibilitam que as raízes assimilem maiores quantidades de fósforo e concomitantemente recebem compostos essenciais ao desenvolvimento bacteriano, como açúcares.

As BSP além de disponibilizar o fósforo, elas também promovem o crescimento das plantas, esse crescimento ocorre por meio de mecanismos diretos e indiretos que podem modificar a resposta fisiológica da planta, incluindo a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fito-hormônios, podem também estimular a tolerância a ambientes que não são

propícios e induzir sua defesa pela produção de antibióticos e metabólitos secundários. Assim o uso das BSP apresenta uma grande versatilidade, e apresenta ser um recurso promissor para a produção agrícola sustentável (Silva *et al.*, 2023).

2.3.Utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP) no feijão-caupi

O feijão-caupi é uma planta Eudicotyledonea, espécie *Vigna unguiculata* L Walp (Silva, 2021), é uma planta originária do continente africano, que foi introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses (Costa, 2020). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2024), o Brasil na safra 23/24 teve uma produção de 692,4 mil toneladas de feijão-caupi, com destaque para a região Nordeste que apresentou uma produção de 475,9 mil toneladas, sendo a maior produtora, pois o feijão é constituinte da alimentação básica das famílias nordestinas de baixa renda, por apresentar ciclo curto, baixa exigência hídrica e bem adaptado ao Semiárido (Matuczak, 2023). Além de possuir um alto valor nutritivo, ser uma ótima fonte de proteínas, possuir todos os aminoácidos essenciais, vitaminas, minerais e aproximadamente 62% de carboidratos (Oliveira *et al.*, 2021).

O fósforo é um macronutriente requerido em grandes quantidades pelas plantas, a sua falta pode limitar a produção agrícola, pois este elemento é constituinte essencial de biomoléculas, como as coenzimas e ácidos nucleicos (Oliveira; Canteri; Francisco, 2025). Na cultura do feijão a deficiência leva a alterações na cor das folhas com queda prematura, o caule fica mais curto e fino, as vagens apresentam má formação com número de grãos reduzido, e leva ao retardo no tempo da colheita (Rosolem; Marubayaashi, 1994). Dado a importância do fósforo para o desenvolvimento da cultura do feijão, tem-se no uso de bactérias solubilizadoras de fósforo uma alternativa para disponibilização natural de fósforo para a cultura.

Santos *et al.* (2024), observaram em seu trabalho que a utilização da bactéria *Bacillus subtilis* com a adubação utilizando NPK teve um maior número de vagens por planta e uma maior produtividade, isso ocorre pela nutrição da planta, pois quando bem nutrida produz mais flores, consequentemente mais vagens que correlaciona com a produtividade dos grãos. Carvalho (2017), em seu trabalho isolou bactérias solubilizadoras de fósforo da região rizosférica de uma cactácea, e obteve resultados satisfatórios, pois as plantas de feijão que foram inoculadas com as bactérias apresentaram médias de comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total superiores a testemunha.

2.4. Controle biológico

O controle biológico é uma prática sustentável, que consiste no uso de microrganismos vivos para reduzir populações de patógenos, estudos têm explorado o controle biológico de fitopatógenos utilizando bactérias antagonistas, a exemplo das bactérias do gênero *Bacillus*, que são BSP (Melo *et al.*, 2021).

Além da disponibilização do fósforo, elas também promovem o crescimento das plantas, esse crescimento ocorre por meio de mecanismos diretos e indiretos que podem modificar a resposta fisiológica da planta, incluindo a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitohormônios, podem também estimular a tolerância a ambientes que não são propícios e induzir sua defesa pela produção de antibióticos e metabólitos secundários (Silva *et al.*, 2023). Assim o uso das BSP apresenta uma grande versatilidade, e um recurso promissor para a produção agrícola.

Souza *et al.* (2024), testaram em seu trabalho o potencial das BSP em promover o crescimento da soja e realizar o controle biológico do mofo branco a partir do teste de sanidade de sementes, os isolados bacterianos proporcionaram controle eficaz do fungo, sendo comparável ao fungicida químico usado. Santos (2025) também observou em seu trabalho que quando adicionado as BSP no tratamento de sementes de soja, elas obtiveram menor incidência de doenças e aumento na produtividade, esses resultados reforçam a utilização desses microrganismos como uma alternativa sustentável na agricultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Isolamento e índice de solubilização

As amostras de solos foram obtidas de solos cultivados com leguminosas e gramíneas, na Fazenda Paiol, Licínio de Almeida - BA. A coleta foi realizada em pontos de amostragem escolhidos aleatoriamente dentro da propriedade, sendo realizada com o auxílio de uma pá para retirada das porções de solo rizosférico na profundidade de 0 a 10 cm. Cada amostra foi devidamente colocada em saco plástico estéril, identificada e levada ao laboratório 03 do IF Baiano – *Campus* Guanambi, onde foi realizado secagem e destorroamento do solo.

Para o isolamento das bactérias, realizou-se diluições seriadas na proporção de 10:1 até a 10^6 , sendo a diluição 10^6 a que apresentou maior viabilidade no isolamento, foi pipetado 0,2 mL de cada solução em placas de Petri com meio Yeast Mannitol Agar (YMA) (Figura 1) com pH 5,5 e incubados a 28 ± 2 °C por cinco dias, para realização dos testes de solubilização de fosfatos.

Figura 1 - Isolamento bacteriano em placas de Petri com meio YMA, Guanambi - BA, 2024.



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

Para os ensaios em laboratório quanto à capacidade de solubilização de fosfatos, foram utilizados dois meios de cultura específicos para bactérias solubilizadoras de fósforo. Um para se verificar a solubilização de fosfato de cálcio (P-Ca), meio GL, contendo 10 g de glucose, 2 g de extrato de levedura e 15 g de ágar. A este meio foi adicionado uma solução contendo $0,25 \text{ g L}^{-1}$ de K_2HPO_4 e outra contendo 1 g L^{-1} de CaCl_2 , e ajustado o pH para 6,5, para formar fosfato de cálcio precipitado (Hara; Oliveira, 2004).

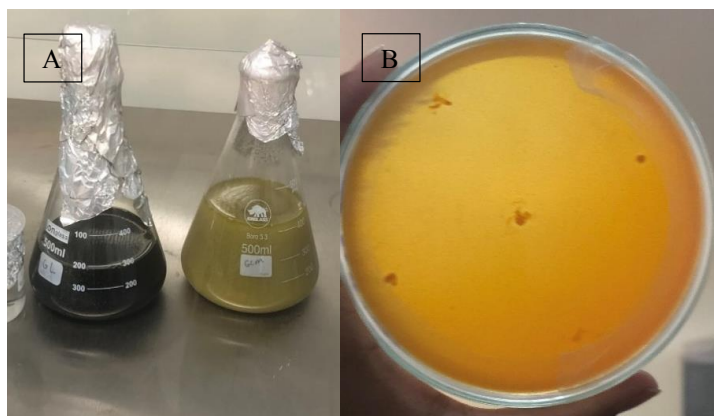
O meio GL, modificado por Hara e Oliveira (2004), foi utilizado para verificar a solubilização de fosfato de alumínio (P-Al). Este meio preparado com 10 g de manitol, 2 g de extrato de levedura, 6 g de K_2HPO_4 e 18 g de ágar. A este meio foi posto uma solução contendo

5,34 g de AlCl_3 e o pH ajustado para 4,5 para formar o precipitado de fosfato de alumínio. A modificação do meio GL foi a fonte de açúcar e a utilização de AlCl_3 e a quantidade de K_2HPO_4 , para que tivesse aproximadamente 1,4 cmol_c de Al no meio, concentração deste elemento encontrada nas principais classes de solos do Semiárido Baiano, servindo, assim, como parâmetro para as condições reais desse elemento na natureza.

Com o objetivo de se visualizar a alteração do pH do meio de cultura pelas bactérias, foi acrescido o indicador verde de bromocresol, no meio P-Al e o azul de bromotimol, no meio P-Ca (Figura 2 A).

No meio YMA (pH 5,5) cresceu 15 isolados, todos foram submetidos a avaliação do índice de solubilização, sendo repicados para cada meio de cultura, com cinco colônias por placa com três placas por isolado (Figura 2B).

Figura 2 - Meio GL e GLM com a adição dos indicadores (A), e bactérias recém repicadas para meio de cultura específico para seu crescimento com 5 colônias na placa (B), Guanambi - BA, 2024.



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

A avaliação dos isolados aconteceu por um período de 15 dias. As medidas do diâmetro (ϕ) dos halos de solubilização, percebido como uma área translúcida ao redor da colônia, e as do ϕ das colônias (Figura 3) foram mensuradas a cada três dias, utilizando-se um paquímetro digital. A partir dessas medidas, sucederam os cálculos para os índices de solubilização de cada isolado por meio da fórmula: $\text{IS} = \phi \text{ Halo (mm)} / \phi \text{ Colônia (mm)}$ (Hara; Oliveira, 2004).

Figura 3 - Mensuração do diâmetro da colônia, Guanambi - BA, 2024.



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

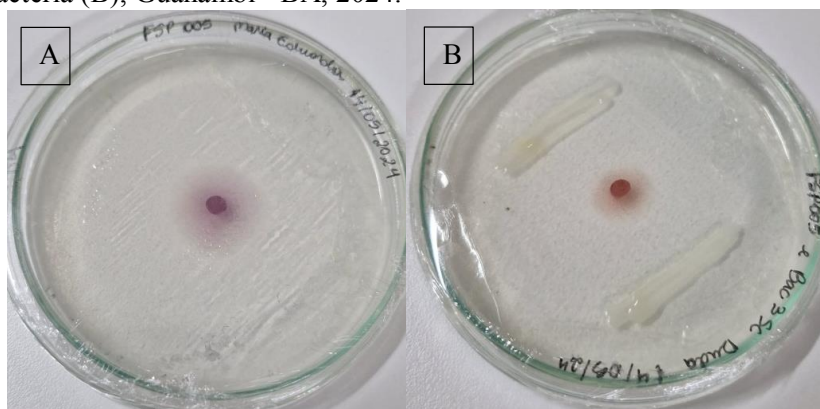
Com base nos índices de solubilização, as bactérias foram classificadas como estirpes com baixa ($IS < 2$), média ($2 \leq IS < 4$) e alta solubilização ($IS > 4$). De acordo com o início da solubilização, classificadas ainda como precoces, cujo início da solubilização se deu até o terceiro dia; tardias, com início da solubilização depois do terceiro dia e ‘não solubilizadoras aparentes’, aquelas que não apresentaram solubilização visível até o 15º dia de avaliação (Hara; Oliveira, 2004).

Foram selecionados os 5 isolados que apresentaram de média a alta solubilidade de P, I.S. final superior a 2, para instalação do experimento em casa de vegetação, utilizando o feijão caupi, e teste em laboratório para biocontrole do *Fusarium solani passiflorae*.

3.2. Avaliação de agente de biocontrole

Foi verificado também a capacidade de agente de biocontrole das BSP, com 4 repetições e 5 tratamentos, sendo o controle e as bactérias BSC-3, BSMV-4, BSM-2 e BSM-1 compondo os demais tratamentos, foi utilizado também o *F. solani passiflorae* que foi isolado do solo de uma área experimental do setor de Agricultura do IF Baiano – Campus Guanambi. O método utilizado foi o pareamento, onde foi posto um disco de *F. solani passiflorae* no centro da placa de Petri (Figura 7A), e feito estrias com as bactérias lateralmente (Figura 7B), posteriormente incubados em BOD.

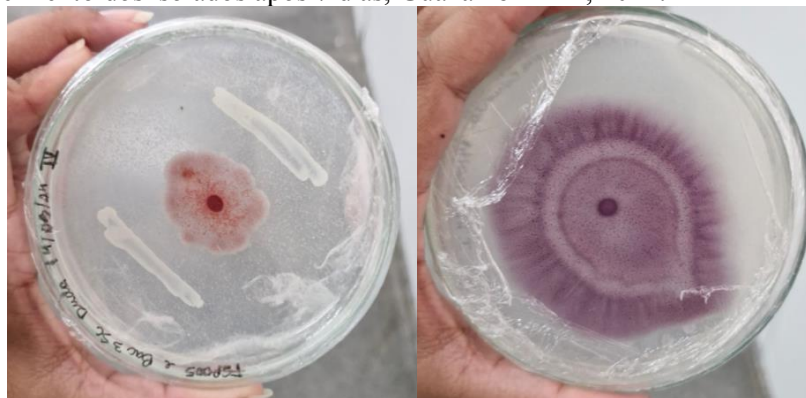
Figura 4 - Repicagem de placa com *F. solani passiflorae* (A), e placa contendo *F. solani passiflorae* e bactéria (B), Guanambi - BA, 2024.



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

Os isolados foram avaliados por um período de 7 dias (Figura 8), sendo mensurado o diâmetro do crescimento micelial do *F. solani passiflorae*, com o auxílio de um paquímetro digital. A partir dessas medidas foi possível determinar a porcentagem de inibição, a partir da fórmula: $I (\%) = \frac{(Dmc - Dmt)}{Dmc} \times 100$, onde Dmc é o diâmetro da colônia controle, e Dmt é o diâmetro da colônia que recebeu a bactéria. Para complementar as observações relacionadas a capacidade antagonista dos isolados, os tratamentos foram classificados conforme escala (Tabela 1) proposta por Bell *et al.* (1982).

Figura 5 - Crescimento dos isolados após 7 dias, Guanambi - BA, 2024.



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

Tabela 1 - Escala de notas para avaliar a ação de controle biológico *in vitro* por pareamento direto.

Nota	Características
1	Colonização total da superfície do meio de cultura pelo agente de biocontrole, com crescimento sobre o patógeno.
2	O agente de biocontrole coloniza ao menos 2/3 da superfície do meio de cultura.
3	Tanto o patógeno quanto o agente de biocontrole colonizam 1/2 (mais que 1/3 e menos que 2/3) do meio de cultura, não havendo sobreposição de um sob o outro.
4	O patógeno coloniza 2/3 do meio de cultura e resiste a ação do agente de biocontrole.
5	O patógeno coloniza toda a superfície do meio de cultura, avançando sobre o agente de biocontrole.

Fonte: Adaptado de Bell *et al.*, 1982.

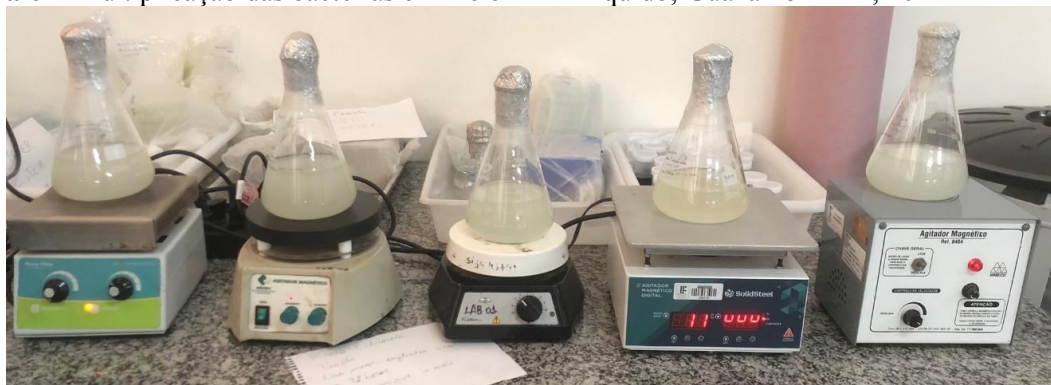
3.3. Fase de campo

O experimento em campo foi realizado na casa de vegetação do IF Baiano - *Campus* Guanambi, montado em blocos casualizados com 7e repetições e 6 tratamentos, sendo a testemunha, os isolados BSC-3, BSC-1, BSM-4, BSM-2 e BSM-1, conduzidos em vasos plásticos com capacidade para 5 kg, com solo de barranco autoclavado e adubado com fonte de fosfato de rocha e adubo orgânico, tendo o feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) como planta-teste.

As sementes de feijão adquiridas comercialmente, passaram por uma desinfestação superficial com álcool etílico a 98%, por 30 segundos, hipoclorito de sódio a 2%, por 2 minutos, e, em seguida, lavadas com água destilada. Após a desinfestação, foram adicionadas 3 sementes em cada vaso e 2 ml do inoculante com as bactérias solubilizadas de fósforo no solo próximo as sementes. Para confecção do inoculante de BSP, as bactérias foram multiplicadas em

Erlenmeyer contendo meio de cultura YMA líquido (Figura 4), sob agitação a 120 rpm por 48 horas.

Figura 6 - Multiplicação das bactérias em meio YMA líquido, Guanambi - BA, 2024



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

As plantas foram coletadas aos 45 dias de crescimento, e avaliada sua massa fresca e seca de raízes e parte aérea. Foi avaliado também o P disponível no solo e a produção de ácido indol acético pelas bactérias.

3.4. Mehlich 1 e produção de ácido indol acético

Para a determinação do P disponível foi realizada a análise a partir da solução extratora Mehlich 1, composta por $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$, onde foi adicionada 20 ml da solução em um Erlenmeyer de 125 ml que continha 2g de terra fina seca ao ar (Figura 5). Os Erlenmeyers foram colocados no agitador horizontal circular, agitados por 5 min e deixado em descanso por uma noite. Após 24 horas foi pipetado 5 ml do sobrenadante, posto em Erlenmeyer de 125 ml e adicionado 15 ml de molibdato de amônio diluída e 30 mg de ácido ascórbico em pó, foram levadas ao agitador horizontal por 2 minutos e ficou por 1 hora para desenvolver a cor, depois realizado leitura no espectrofotômetro a 660 nm no modo absorbância. Também foi realizado uma curva padrão nas concentrações de 5 mg, 4 mg, 3 mg, 2 mg e 1 mg de P/L.

Figura 7 - Erlenmeyer com terra fina seca ao ar e solução extratora, Guanambi - BA, 2024

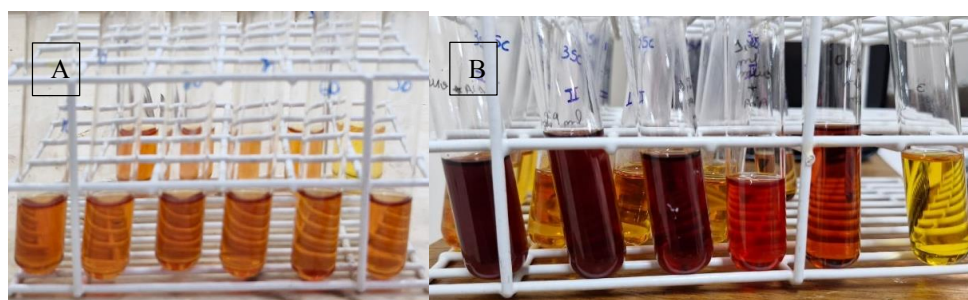


Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

Para verificação da produção de ácido indol acético (AIA) foi preparado o meio de cultura Luria Bertani (LB), com 10 g de bacto triptona, 5 g de extrato de levedura, 5 g de NaCl, 1000 mL de água destilada, e o meio foi suplementado com 1g de L-triptofano. Foi preparado também o reagente de Salkowski, com 1 mL de FeCl_3 em 49 mL de HCl (35%).

Para análise de AIA, foi adicionado 3 mL do meio LB + L-triptofano em Erlenmeyer e inoculado os isolados bacterianos, depois incubados por 24 horas a 28° C sob agitação constante. Após o período de incubação foi pipetado 2 mL dos isolados em microtúbulos e levados a centrifugação por 2 minutos a 12000 rpm. Foi pipetado 1,5 mL do sobrenadante e adicionado em tubo de ensaio, e pipetado também 1,5 mL do reagente de Salkowski, e deixado em descanso por 30 minutos e em sequência realizado a leitura no espectrofotômetro em 530 nm (Figura 6 A). Foi realizado uma curva padrão para a leitura de AIA (Figura 6 B) a partir de diluições seriadas de 100 ppm até 0 ppm de AIA.

Figura 8 - Tubos de ensaio contendo isolado bacteriano e meio de cultura LB prontos para leitura em espectrofotômetro (A) e tubos de ensaio com a curva padrão(B), Guanambi - BA, 2024



Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

3.5. Análise de dados

Os resultados obtidos no presente trabalho foram submetidos a procedimentos estatísticos apropriados conforme o delineamento experimental de cada ensaio. Para o índice de solubilização e teor de P no solo, não foram realizados testes estatísticos dado a ausência de repetições, sendo os valores apresentados como médias aritméticas simples.

Nos ensaios de agente de biocontrole e produção de AIA, foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. No experimento em casa de vegetação, em que foi quantificado massa fresca e seca das raízes e parte aérea, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados. Inicialmente verificou-se a normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk, em seguida, realizou-se ANOVA a 5% de probabilidade e depois comparação de médias pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Todos os cálculos estatísticos foram efetuados no programa SISVAR, os resultados apresentados como médias e as diferenças significativas entre os tratamentos indicadas por letras distintas nas tabelas ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do índice de solubilização do fosfato de alumínio não apresentou nenhuma cepa eficiente em sua solubilização, sugerindo que as cepas não apresentam a mesma eficiência em diferentes tipos de fosfato. A ineficiência das cepas em solubilizar P-Al pode estar relacionado a formação de complexos de Al e o baixo pH, o que corrobora com os estudos de Mendes *et al.* (2022) onde observaram baixa solubilidade de fosfatos em ambientes de pH variável.

Para a solubilização do fosfato de cálcio as cepas apresentaram resultado satisfatório como pode ser observado na Tabela 2, onde todas apresentaram solubilização precocemente, pois foi observado a formação do halo translucido ao terceiro dia de avaliação. Nenhuma das cepas apresentaram baixa solubilização, todas obtiveram um IS superior a 2 indicando uma rápida solubilização por parte das cepas e a capacidade de aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. Com destaque para as cepas BSC-3 e BSM-2 que obtiveram um alto índice de solubilização do P-Ca, maior que 4, demonstrando uma eficaz produção de ácidos orgânicos e/ou inorgânicos capazes de diminuir o pH do meio e assim solubilizar os fosfatos precipitados.

A descoberta dessas cepas adaptadas aos solos do semiárido é de grande importância, visto que a região semiárida enfrenta desafios com a fertilidade do solo, e a utilização dessas bactérias pode trazer uma maior disponibilidade de fósforo, e contribuir para uma agricultura mais sustentável.

Tabela 2 - Índice de solubilização (I.S.) de fosfato de cálcio de isolados bacterianos de solos do município de Licínio de Almeida - BA, 2024. (continua)

Isolados	Início da solubilização (Dias)	I.S.	Solubilização
BSC-1	3	3,91	Precoce
BSC-2	3	3,22	Precoce
BSC-3	3	4,22	Precoce
BSC-4	3	3,24	Precoce
BSC-5	3	3,90	Precoce
BSM-1	3	3,84	Precoce
BSM-2	3	4,26	Precoce
BSM-3	3	3,72	Precoce
BSM-5	3	3,33	Precoce

Tabela 3 - Índice de solubilização (I.S.) de fosfato de cálcio de isolados bacterianos de solos do município de Licínio de Almeida - BA, 2024. (continuação)

Isolados	Início da solubilização (Dias)	I.S.	Solubilização
BSMV-4	3	3,35	Precoce
BSFA-1	3	3,31	Precoce
BSFA-2	3	3,61	Precoce
BSFA-3	3	3,08	Precoce
BSFA-4	3	2,47	Precoce
BSFA-5	3	2,34	Precoce

Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024

Quanto ao potencial de agente de biocontrole as BSP apresentaram diferentes porcentagens de inibição do crescimento do *F. solani passiflorae*, conforme apresentado na Tabela 3, onde as cepas BSM-2, BSMV-4 e BSC-3, obtiveram uma maior porcentagem de inibição do crescimento (PIC) micelial do fungo.

Tabela 4 - Potencial de inibição de bactérias solubilizadoras de fósforo sobre *F. solani passiflora* por pareamento direto, em bioensaio em placas de Petri, e notas atribuídas conforme a escala de Bell et al., Guanambi - BA, 2024.

Tratamento	Porcentagem de inibição do crescimento (PIC)	Nota
BSM-2	60,62 a	2
BSMV-4	50,70 ab	2
BSC-3	48,87 ab	3
BSM-1	38,51 b	4
Controle	0 c	5
CV (%)	17,25	

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,005$).

Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024.

A cepa BSM-2 foi a que se apresentou mais eficaz, com uma porcentagem de inibição do crescimento micelial de 60,62% e uma nota 2 segundo a escala de Bell *et al.* (1982). Apresentando um forte potencial como agente de biocontrole, sua eficiência pode estar relacionada à sua capacidade de solubilizar o fósforo, pois nesse processo as bactérias

produzem ácidos orgânicos, que promove ligeira acidificação do local, alterando pH e a disponibilidade dos nutrientes, gerando assim um ambiente desfavorável para o crescimento do fungo, como foi elucidado por Owen *et al.* (2015) em seus estudos que destaca os microrganismos solubilizadores de fósforo como agentes capazes de melhorar a saúde do solo e controlar patógenos.

Os tratamentos BSMV-4 e BSC-3 não diferiram estatisticamente do BSM-2, porém ao analisar a capacidade antagonista desses isolados pela escala de Bell o BSC-3 apresentou nota distinta, 3, demonstrando uma diferença nos comportamentos antagonistas, isso pode estar relacionado a capacidade de produção de compostos antibióticos ou na capacidade de competição por nutrientes de cada cepa, como é visto no trabalho de Silva *et al.* (2023).

Os resultados encontrados corroboram com o que foi observado por Ferreira *et al.* (2021) em cepas de BSP, sendo o *Bacillus* spp. utilizados em seu trabalho, que apresentaram uma inibição significativa do crescimento de *Fusarium* em milho.

Já o tratamento BSM-1 apresentou-se menos eficaz, com uma nota 4 pela escala, tendo uma menor capacidade de inibição do fungo. Isso pode se dar por uma menor produção de ácidos orgânicos ou outros metabólitos secundários, evidenciando que nem todas as cepas de BSP possuem o mesmo potencial de biocontrole. E o controle, como esperado não houve nenhuma inibição ao crescimento do *F. solani passiflorae*.

Já a produção de AIA pelas BSP, apresentaram uma variação na produção entre os isolados como pode ser observado na Tabela 4, com destaque para as cepas BSMV-4, BSC-3 e BSM-2 que apresentaram uma maior produção desse hormônio em comparação com a BSC-1 e a BSM-1 que não produziu ácido, isso evidencia que a capacidade produção de AIA está relacionada a capacidade metabólica de cada cepa e também a sua interação com o ambiente.

Tabela 5 - Produção de ácido indol acético (AIA) pelas BSP, Guanambi - BA, 2024.

Tratamentos	AIA (µg/mL)
BSC-3	9,88 a
BSC-1	2,49 b
BSMV-4	11,03 a
BSM-2	8,27 a
BSM-1	0 c
CV (%)	22,45

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,005$).

Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024

As cepas BSMV-4, BSC-3 e BSM-2 apresentaram maior produção de AIA, essas cepas podem ter grande potencial para promoção do crescimento das plantas, pois o AIA é um hormônio do grupo das auxinas, que atua no alongamento celular, na formação de raízes, permitindo uma melhor absorção de água e nutrientes (Alemneh *et al.*; Chun *et al.*, 2021).

Além de promover um crescimento das plantas a produção de AIA pode contribuir para defesa das plantas, no presente trabalho foi observado que as bactérias que obtiveram maior produção de AIA foram as que obtiveram um maior PIC, como também foi abordado por Martins *et al.* (2021) em seu trabalho, em que isolados de *Streptomyces* foram capazes de exercer atividade antagonista contra fungos patogênicos, como o *Colletotrichum sp.* e a *Curvularia lunata*, a partir da sua produção de AIA.

As variáveis analisadas da implementação do experimento em campo, massa fresca das raízes (MFR), massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca das raízes (MSR) e a massa seca da parte aérea (MSA) não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos que receberam a bactéria e a testemunha como pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 6 - Médias de massa fresca das raízes (MFR), massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSA) de plantas de feijão-caupi inoculada com diferentes bactérias solubilizadoras de fósforo, Guanambi - BA, 2024.

Tratamentos	PFR	PFA	PSR	PSA
Testemunha	8,71 a	8,71 a	1,32 a	1,03 a
BSC-3	11,71 a	11,14 a	2,37 a	1,43 a
BSC-1	12,00 a	12,57 a	1,49 a	1,51 a
BSMV-4	13,14 a	16,57 a	2,55 a	1,96 a
BSM-2	13,14 a	14,00 a	1,77 a	1,57 a
BSM-1	15,14 a	14,28 a	2,54 a	1,98 a
CV (%)	44,08	39,74	56,45	53,28

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,005$).

Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024

A inoculação com as diferentes cepas de BSP não levou ao aumento da biomassa do feijão-caupi, sugere que, sob as condições experimentais os microrganismos não conseguiram expressar seu potencial, essa restrição pode ser atribuída a diversos fatores, como a alta concentração de P solúvel no solo. A fim de verificar o teor de P no solo foi realizado o Mehlich 1, método que se baseia na utilização de uma solução ácida para extrair as frações de P que são consideradas disponíveis para a planta.

Os valores obtidos da análise Mehlich 1, evidenciou uma baixa quantidade de fósforo disponível no solo, tanto na testemunha quanto nos tratamentos (Tabela 6), o que deveria favorecer a atividade microbiológica das bactérias. Portanto, a baixa atividade das BSP não se deu por um excesso de P, mas possivelmente por outros fatores advindos da interação dos microrganismos inoculados com as condições físico-químicas do solo.

Tabela 7 - Teor de fósforo (P) encontrado no solo pelo método Mehlich 1, Guanambi - BA, 2024.

Tratamentos	Teor de P (mg/L)
Testemunha	11,04
BSC-3	13,10
BSC-1	12,18
BSMV-4	10,63
BSM-2	10,42
BSM-1	12,87

Fonte: RIBEIRO, M. E. B. S., 2024

Outro fator importante para as BSP desencadear suas atividades de solubilização é estar submetida a condições de estresse, como é elucidado por Mantea *et al.* (2025) em seu trabalho, onde cepas de *Bacillus safensis* foram submetidas a condições de estresse abiótico com variações na temperatura, pH e salinidade, e observaram que nas condições mais estressantes as cepas obtiveram um maior crescimento e consequentemente uma maior capacidade em solubilizar fosfato. Lu *et al.* (2023) também observaram que cepas de *Bacillus* submetidas em concentrações elevadas de amônio aumentaram sua produção de ácidos orgânicos quando comparados com o controle. Esses trabalhos reforçam que para as BSP possam iniciar sua solubilização do fosfato necessitam de condições adversas como altas temperaturas, índice de salinidade, déficit hídrico, o que não foi encontrado em nossas condições experimentais.

5. CONCLUSÕES

As 15 cepas testadas *in vitro* são capazes de solubilizar o fosfato de cálcio, no entanto nenhuma consegue solubilizar o fosfato de alumínio. A aplicação das cepas não resultou o incremento de biomassa do feijão.

As cepas BSMV-4, BSC-3 e BSM-2 são consideradas promissoras pois apresentaram IS de fosfato de cálcio alto, maior produção de AIA e alto potencial como agente de biocontrole.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEMNEH, A. A.; CAWTHRAY, G. R.; ZHOU, Y.; RYDER, M. H.; DENTON, M. D. A capacidade de produzir ácido indol-acético está associada à melhora da atividade solubilizadora de fosfato das rizobactérias. **Arch Microbiol**, v. 203, p. 3825-3837, 2021.
- ANDRADE, L. A.; SANTOS, C. H. B.; FREZARIN, E. T.; SALES, L. R.; RIGOBELLO, E. C. Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal para produção agrícola sustentável. **Microorganisms**, v. 11, n. 4, 2023.
- BERUMEN, J. A. G.; OLIVEIRA, J. A. F.; OLIVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, A. E.; PRESIDENTES, F. G. E.; BANUELOS, H. G. Dinâmica do fósforo e agricultura sustentável: o papel da solubilização microbiana e inovações no manejo de nutrientes. **Pesquisa Atual em Ciências Microbianas**, v. 8, 2024.
- BRIC, J. M.; OLIVEIRA, R. M.; SILVERSTONE, S. E. Ensaio rápido in situ para produção de ácido indol acético por bactérias imobilizadas em uma membrana de nitrocelulose. **Microbiologia Aplicada e Ambiental**, Washington, v. 57, n. 2, p. 535-538, 1991.
- CARVALHO, R. M. M. Indução de bactérias solubilizadoras de fosfatos em cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 2017. 52 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- CERQUEIRA, W., MORAIS, J., MIRANDA, J., MELLO, I. K., SANTOS, A. Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, 2015.
- CIRINO, E.; VEIGA, L.; ANTUNES, M.; ALVES, V.; VALDO, V. O. P. O uso de fertilizantes e seus impactos ambientais. 2021. 13 f. Monografia (Curso Técnico de Química) – ETEC Benedito Storani, Jundiaí – SP, 2021.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da Safra de Grãos, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 09 abr. 2025.
- COSTA, A. F. et al.; **Feijão-caupi no semiárido brasileiro**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco, v.17, n. 3, p. 17, 2020.
- COSTA, M. M. M. N. **Fixação biológica de nitrogênio: uma revisão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, v. 1, p. 34, 2023.
- DEB, C. R.; TATUNG, M. Bactérias produtoras de sideróforos como agentes de biocontrole contra fitopatógenos para um ambiente melhor: uma revisão. **South African Journal of Botany**, v. 165, 2024.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Londrina: Embrapa/CNPQ, 1997.
- FREIRE FILHO, F. R., et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, v. 1, p. 15-29, 2011.
- FROTA, K. M. G., SOARES, R. A. M., AREAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Food Science and Technol**, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200031>
- GALLO, A. S. Variabilidade espacial das formas de fósforo em solo sob manejo conservacionista no sistema integrado de produção agroecológica, Seropédica – RJ. 2020. 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020.
- GATIBONI L. C., SCHMITT D. E.; TIECHER T., VELOSO M. G., SANTOS D. R. D., KAMINSKI J., BRUNETTO, G. Absorção de fósforo legado pelas plantas de solos sem fertilização com P. **Nutr Cyc Agroecossistemas**, 2021, v. 119, p.139– 151.

GRANT, C. A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, 2001.

GUERRA, M. P.; VALERO, N.; RAMÍREZ, C. A. Nível total de auxina no sistema solo-planta como fator modulador para a eficácia do inóculo de PGPR: uma revisão. **Tecnologias Químicas e Biológicas na Agricultura**, v. 10, n. 1, 2023.

HOLFORD, I. C. R. Fósforo do solo: sua medição e sua absorção pelas plantas. **Revista de Pesquisa do Solo**, v.35, p.227-239, 1997.

HU, D. *et al.* Mecanismos moleculares subjacentes às respostas das plantas ao baixo estresse de fosfato e aplicações potenciais no melhoramento de culturas. **Novas Colheitas**, v. 2, 2025.

LI, H. P.; HAN, Q. Q.; LIU, Q. M.; GAN, Y. N.; RESING, C.; RIVERA, W. L.; ZHAO, Q.; ZHANG, J. L. Papéis das bactérias solubilizadoras de fosfato na mediação da disponibilidade de fósforo do legado do solo. **Pesquisa Microbiológica**, v. 272, 2023.

LIANG, J. L.; LIU, J.; JIA, P.; YANG, T. T.; ZENG, Q. W.; ZHANG, S. C.; LIAO, B.; SHU, W. S.; LI, J. T. Novas bactérias solubilizadoras de fosfato melhoram a ciclagem de fósforo do solo após a restauração ecológica de terras degradadas pela mineração. **The ISME Journal**, v. 14, 2020.

LIMA FILHO, O. F. **Desordens nutricionais em plantas**. Comunicado Técnico N°. 257. Dourado, MS: [Embrapa Agropecuária Oeste](#), v. 257, p. 8, 2020.

LIU, K.; DENG, F.; ZENG, F.; CHEN, Z.-H.; QIN, Y.; CHEN, G. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas melhoram a tolerância à seca das culturas: uma revisão. **Plant Growth Regulation**, v. 105, n. 1, 2025.

LU, Z.; ELE, S.; KASHIF, M.; ZHANG, Z.; MO, S.; SU, G.; DU, L.; JIANG, C. Efeito do estresse de amônio na solubilização de fósforo de um novo microrganismo de mangue marinho *Bacillus aryabhatai* NM1-A2, conforme revelado pela análise ômica integrada. **BMC Genomics**, v. 24, n. 550, 2023.

MAGALHÃES, T. L. et al. Fósforo na agricultura: solubilização e mobilização por microrganismos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 301-318, 2008.

MANTEA, L. E.; SABEH, E. L.; MIHASAN, M.; STEFAN, M. *Bacillus safensis* P1.5S exibe atividade solubilizante de fósforo sob estresse abiótico. **Horticulturae**, v. 11, n. 4, 2025.

MARQUETTO, L.; CASTEMANN, A. Diferentes fontes de fertilizantes utilizadas na cultura do milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 8 p., 2016.

MATUCZAK, S. Inoculação com *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* e *Trichoderma harzianum* em sementes de feijão. 2023. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2023.

MENDES, W. D.; SOBRINHO, C. A. M.; MARTINS, W.S. et al., Efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura da soja no Brasil: revisão de literatura, **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, 2022.

OLIVEIRA, A. A.; CANTERI, L. A.; FRNCISCO, A. L. O. Avaliação dos efeitos da adubação química e *Bacillus* spp. na produtividade do feijão. **Repositório Institucional**, v. 3, n. 2, 2025.

OLIVEIRA, A. M. C.; MELO, N. B.; ROCHA, M. M.; SILVA, M. R.; OLIVEIRA, M. R. Produção de alimentos na base do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*): importância nutricional e benefícios para a saúde. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, 2021.

OLIVEIRA, F. A. S.; OLIVEIRA, L. A. Características fisiológicas e ecológicas de rizóbios isolados de solos ácidos e ácidos de Presidente Figueiredo, Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, p. 343-357, 2004.

OLIVEIRA, H.; JEONG, B., R.; GLICK, B., R. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares, bactérias solubilizadoras de fosfato e silício para a absorção de P pela planta. **Frontiers Plant Science**, v.12, p. 4-7, 2021

OLIVEIRA, J. A.; LOURENÇO, F. M. S.; FEITOSA, D. G.; CERESINI, P. C.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Bioprospecção de bactérias solubilizadoras de fosfato em solos com diferentes fertilidades. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 45, n. 1, p. 271–286, 2024.

OLIVEIRA, J. P.; PUGA, M. I.; TRIANA, M. R. *et al.* Adaptação da planta à baixa disponibilidade de fósforo: sinalização central, diafonia e implicações aplicadas. **Planta Molecular**, v. 15, p. 104-124, 2022.

OWEN, D.; WILLIAMS, A.; GRIFFITH, G.; WITHERS, P. Uso de bioinoculantes comerciais para aumentar a produção agrícola por meio da melhoria da aquisição de fósforo. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 41-54, 2015.

PAN, L.; CAI, B. Phosphate-Solubilizing Bacteria: Advances in their physiology, molecular mechanisms and microbial Community effects. **Microorganisms**, v. 11, 2023.

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEISI, A.; ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific Reports.**, v. 10, 2020.

PESSOA, A. C. S.; KELLING, C. R. S.; POZZEBON, E. J.; KONIG, O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.16, n.1, p.69-74, 1996.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S. M. B. 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.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. *Arquivo Agrônomo*. n. 7 p. 1-18, 1994.

SAHARAN, B. S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: uma revisão crítica. **Pesquisa em Ciências da Vida e Medicina**, 2011.

SANTOS, J. C. Desempenho de agentes de controle biológico no biocontrole e bioestimulo na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 2025. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2025.

SANTOS, M. M. dos; SOUSA, A. da C.; FIDELIS, R. R.; MONTELO, A. B.; SANTOS, M. G. dos; RIBEIRO, R. R.; AGUIAR, R. W. de S.; SANTOS, W. F. dos. Comportamento de feijão-caupi em função da aplicação de fontes de fósforo em associação com a bactéria *Bacillus subtilis*. **Observatório de la economia latino-americana**, v. 22, n. 10, 2024.

SANTOS, M. P. Fixação de N₂, Solubilização de Fosfato e Produção de AIA por Estirpes de *Bradyrhizobium* Simbióticas em Angico Vermelho e Tamboril. UFLA. Lavras, 2013.

SILVA, C.; WANG, W.; GAN, T.; WANG, L.; CHANG, X.; YANG, W. Capacidade de promoção do crescimento de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera da soja sob sistemas de consórcio milho-soja. **Revista da Ciência da Alimentação e Agricultura**, v. 102, n. 4, 2021.

SILVA, L., I., et al. Microrganismos solubilizadores de fósforo: uma chave para a agricultura sustentável. **Agricultura**, v. 13, p.2-4, 2023.

SILVA, T. F. Seleção de genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) resistentes ao nematoide-das-galhas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1, p. 8-17, Brasília, 2021.

SILVA, T. R. et al. Fósforo na rizosfera: disponibilidade e absorção de plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 495-500, 2018.

SOUSA, S. M. et al. Importância da morfologia radicular na eficiência de aquisição de fósforo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010. 33 p.

SOUZA JUNIOR, I. T.; JARDINI, D. C.; BEZERRA, C. E.; NUNES, G. N. Prospecção de bactérias solubilizadoras de fósforo, promotoras de crescimento de plantas de soja e biocontroladoras do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*. **Connection Line – Revista Eletrônica do UNIVAG**, v. 31, 2024.

SU, K.; ZHANG, Q.; CHEN, A. *et al.* Concentrações de metais pesados em fertilizantes orgânicos comerciais e o risco potencial da fertilização em solos. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1230, 2025.

TIMOFEEVA, A. M.; GALYAMOVA, M. R.; SEDYKH, S. E. Bactérias do solo promotoras de crescimento de plantas: fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato, produção de sideróforos e outras atividades biológicas. **Plants**, v. 12, n. 24, 2023.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLOGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO PRÓ-REITORIA DE ENSINO

ANEXO X

TERMO DE DEPÓSITO DEFINITIVO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) – A
SER ENTREGUE AO DOCENTE DA DISCIPLINA

Pelo presente, eu Maria Eduarda Borges da Silva Ribeiro, acadêmico(a)
do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, *Campus* Guanambi, Matrícula nº
20201GBI01GB0013, CPF nº 053.331.735-59, RG nº 20.306.702-94,
Telefone(s): (77) 99191-7279, E-mail(s): mariaeeng.a@gmail.com,
encaminho a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso, meu trabalho
intitulado Isolamento e Seleção de Rizobactérias com Potencial de Promoção de Crescimento e
Biocontrole
aprovado para depósito definitivo pelo(a) Professor(a) Orientador(a) : Professor
Joice Andrade Bonfim de Castro requisito exigido para conclusão do curso.

Junho

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIA EDUARDA BORGES DA SILVA RIBEIRO
Data: 10/06/2025 12:32:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) estudante

Em 10 de Junho de 2025

Documento assinado digitalmente
gov.br JOICE ANDRADE BONFIM DE CASTRO
Data: 10/06/2025 17:09:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor(a) Orientador(a)

ATIVIDADE DO(A) ACADÊMICO(A) DO BACHARELADO EM
ENGENHARIA AGRÔNOMICA - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROTOCOLO DE ENTREGA (DEPÓSITO DEFINITIVO DO TCC)

Aluno(a): _____ Matrícula: _____
Data de Protocolo: _____ Funcionário(a) Atendente: _____

Canhoto – Acadêmico(a) Bacharelado em
Engenharia Agrônômica, *Campus* Guanambi



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano

Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052
Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br
Site: <http://www.ifbaiano.edu.br>



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLOGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO PRÓ-REITORIA DE ENSINO**

ANEXO XI

**AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO**

1) IDENTIFICAÇÃO:

AUTOR	Maria Eduarda Borges da Silva Ribeiro
RG	20.306.702-94
FONE/EMAIL	(77) 99191-7279 / mariaeceng.a@gmail.com
VÍNCULO INSTITUCIONAL	Estudante
TÍTULO DO DOCUMENTO	Isolamento e Seleção de Rizobactérias com Potencial de Promoção de Crescimento e Biocontrole

2) DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO (ASSINALE UMA DAS OPÇÕES):

(X) Declara que o documento em questão é seu trabalho original, e que detém o direito de concedê-lo e que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

() Declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para concedê-los ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

3) TERMO DE AUTORIZAÇÃO: Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo a Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, a disponibilizar a obra, gratuitamente em seu acervo impresso e/ou digital.

Vale ressaltar que a obra continua protegida por Direito Autoral sob a LEI Número 9.610 de 19 de FEVEREIRO de 1998 – DOU DE 20/2/98.

Em 10 de Junho de 2025



Documento assinado digitalmente

MARIA EDUARDA BORGES DA SILVA RIBEIRO

Data: 10/06/2025 12:30:49-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) estudante/autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano

Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052

Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br

Site: <http://www.ifbaiano.edu.br>



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO**

ANEXO XV

TERMO DE RESPONSABILIDADE DE AUTORIA

Eu, Maria Eduarda Borges da Silva Ribeiro, Matrícula 2020GBI01GB0013, declaro conhecimento da Lei nº 9.610, de 19.02.98, que altera, atualiza e consolida a Legislação sobre Direitos Autorais, publicada no D.O.U. de 20.02.98, Seção I, pag. 3. Declaro, ainda, ser de minha inteira responsabilidade a autoria do texto apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso sob o Título Isolamento e Seleção de Rizobactérias com Potencial de Promoção de Crescimento e Biocontrole. Caso seja indicada utilização indevida, ilegal de textos de autoria de terceiros [sob encomenda, mediante pagamento (ou não)], em desrespeito aos direitos autorais, estou ciente das implicações legais decorrentes do ato que caracteriza crime de plágio.

Em 10 de Junho de 2025

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIA EDUARDA BORGES DA SILVA RIBEIRO
Data: 10/06/2025 12:28:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Assinatura do(a) estudante

Documento Digitalizado Público

Documentos TCC Maria Eduarda

Assunto: Documentos TCC Maria Eduarda
Assinado por: Joice Bonfim
Tipo do Documento: ANEXO
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

▪ **Joice Andrade Bonfim de Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/07/2025 07:37:14.

Este documento foi armazenado no SUAP em 16/07/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1106139

Código de Autenticação: 3fad82f643

