REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO BRS-ESTILO MICROBIOLIZADAS COM BIOUNINEMA

PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF BRS-ESTILO BEAN SEEDS MICROBIOLOGICALLY TREATED WITH BIOUNINEMA

RENDIMIENTO FISIOLÓGICO DE SEMILLAS DE FRIJOL BRS-ESTILO MICROBIOLIZADAS COM BIOUNINEMA

Natan Cantuária Nunes[1], Regina Cássia Ferreira Ribeiro[2], Maria Josiane Martins[3], Adelica Aparecida Xavier[4], Andréia Marcia Santos de Souza David[5], Isabela Oliveira Santos[6], Helena Souza Nascimento Santos[7], Lorena Gracielly de Almeida Souza[8], Janaína Beatriz Borges[9], Hemilly Kariny Cardoso Freitas[10], Izabela Antunes Mendes[11]

e747393
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7393

PUBLICADO: 04/2026

RESUMO

A microbiolização pode aumentar o desenvolvimento fisiológico em sementes de feijoeiro e desempenho agronômico da cultura em campo. Dessa forma, objetivou-se avaliar desempenho fisiológico das sementes de feijão BRS-Estilo microbiolizadas com Biouninema *Bacillus subtilis*-34. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Montes Claros, campus Janaúba – MG. B. subtilis-34 foi multiplicado em meio Tryptic Soy Agar (TSA) e produzida formulação alternativa em meio líquido de arroz, denominada Biouninema. A formulação foi diluída nas concentrações de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Foram utilizados como controles a água destilada, água com incrementos e ônix. As sementes foram desinfestadas e imersas em suspensão bacteriana por 30 minutos. Posteriormente, determinou-se o número de unidades formadoras de colônias (UFC) através da diluição em série de três sementes (10-1 a 10-4). Foram realizados testes de germinação e vigor, protrusão radicular, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz e parte aérea de plântulas. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, sete tratamentos, quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância e analisados no software Sisvar. O número de UFCs por semente aumentou com a elevação da concentração. Os valores foram de 1,22x107 na concentração de 100% a 6,46x106 na concentração de 25%. Observaram-se maiores porcentagens nos testes realizados com a

[1] Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[2] Doutora em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[3] Doutora em Produção Vegetal no Semiárido, Instituto Federal do Norte de Minas, Arinos, Minas Gerais, Brasil.
[4] Doutora em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[5] Doutora em Fitotecnia, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[6] Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[7] Doutora em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[8] Mestre em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[9] Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[10] Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.
[11] Mestranda em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

utilização do Biouninema a 25%. Biouninema na concentração de 25% promove o desempenho fisiológico e maior qualidade fisiológica das sementes de feijoeiro BRS-Estilo.

PALAVRAS-CHAVE: *Bacillus subtilis*. *Phaseolus vulgaris* L. Physiological performance.

ABSTRACT
Microbiolization can enhance the physiological development of common bean seeds and the agronomic performance of the crop under field conditions. Thus, the objective of this study was to evaluate the physiological performance of BRS-Estilo bean seeds microbiolized with Biouninema Bacillus subtilis-34. The experiment was conducted at the State University of Montes Claros, Janaúba campus, Minas Gerais, Brazil. B. subtilis-34 was multiplied in Tryptic Soy Agar (TSA) medium, and an alternative formulation was produced in liquid rice medium, called Biouninema. The formulation was diluted at concentrations of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. Distilled water, water with increments, and ônix were used as controls. The seeds were disinfected and immersed in the bacterial suspension for 30 minutes. Subsequently, the number of colony-forming units (CFU) was determined by serial dilution of three seeds (10-1 to 10-4). Germination and vigor tests were performed, including radicle protrusion, first germination count, germination speed index, root length, and seedling shoot length. The experiment was set up in a completely randomized design with seven treatments and four replications. Data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the Scott-Knott test at the 5% significance level and analyzed using Sisvar software. The number of CFUs per seed increased with increasing concentration. Values ranged from 1.22 × 10^7 at the 100% concentration to 6.46 × 10^6 at the 25% concentration. Higher percentages were observed in the tests performed using Biouninema at 25%. Biouninema at the 25% concentration promotes physiological performance and improves the physiological quality of BRS-Estilo common bean seeds.

KEYWORDS: *Bacillus subtilis. Phaseolus vulgaris L. Physiological performance.*

RESUMEN
La microbiolización puede aumentar el desarrollo fisiológico de las semillas de frijol y el desempeño agronómico del cultivo en campo. De esta manera, el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño fisiológico de las semillas de frijol BRS-Estilo microbiolizadas con Biouninema Bacillus subtilis-34. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Estatal de Montes Claros, campus Janaúba – MG. B. subtilis-34 fue multiplicado en medio Tryptic Soy Agar (TSA) y se produjo una formulación alternativa en medio líquido de arroz, denominada Biouninema. La formulación fue diluida en concentraciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Se utilizaron como controles agua destilada, agua con incrementos y ónix. Las semillas fueron desinfectadas e inmersas en suspensión bacteriana durante 30 minutos. Posteriormente, se determinó el número de unidades formadoras de colonias (UFC) mediante la dilución en serie de tres semillas (10-1 a 10-4). Se realizaron pruebas de germinación y vigor, protrusión radicular, primer conteo de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud de raíz y parte aérea de plántulas. El experimento fue instalado en un diseño completamente al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Scott Knott al 5% de significancia y analizadas en el software Sisvar. El número de UFC por semilla aumentó con el incremento de la concentración. Los valores fueron de 1,22x10^7 en la concentración de 100% a 6,46x10^6 en la concentración de 25%. Se observaron mayores porcentajes en las pruebas realizadas con el uso de Biouninema al 25%. Biouninema en la concentración de 25% promueve el desempeño fisiológico y una mayor calidad fisiológica de las semillas de frijol BRS-Estilo.

PALABRAS CLAVE*: Bacillus subtilis. Phaseolus vulgaris L. Physiological performance.*

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma das leguminosas mais consumidas e cultivadas no Brasil (Cavalcante *et al*., 2017) produzida amplamente por pequenos e médios produtores, constituindo um dos principais componentes na alimentação da população em geral (De Sá, 2021). Apesar da importância da cultura, sua produtividade média é considerada baixa, em função do baixo nível tecnológico empregado no cultivo (Valeriano *et al*., 2019).

As sementes de qualidade, são a base do sucesso da lavoura, apresentando padrões genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários adequados, que afetam diretamente a capacidade de originar plântulas normais relacionadas à uniformidade da emergência no campo, além de constituir em fatores importantes para a manifestação do potencial produtivo de plântulas (Kameswara *et al*., 2017).

A aplicação de microrganismos no tratamento de sementes tem se mostrado uma técnica promissora, uma vez que se constitui em estratégia viável para a redução do uso exclusivo de produtos sintéticos, proporcionando benefícios econômicos e ambientais (Junges *et al*., 2014). Além disso, a microbiolização de sementes favorece o desenvolvimento inicial das plantas e a redução da incidência de doenças (Rhaman, 2020). Os microrganismos a serem utilizados podem ser oriundos do solo ou aplicados intencionalmente, por meio de bioinoculantes (Paravar, 2023). *Bacillus subtilis* são bactérias bem-sucedidas no crescimento e desenvolvimento de plântulas, mesmo sob condições de estresse a longo prazo, seja por fator hídrico, pH e/ou deficiências nutricionais. (Pandey *et al*., 2017).

As rizobactérias podem promover efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência, desenvolvimento das plântulas e produção de grãos e frutos (Mushtaq *et al*., 2022). Ganhos secundários têm sido observados no solo, em relação a melhorias na qualidade estrutural, e na ação sobre nutrientes indisponíveis, como o fósforo que passa a estar facilmente disponível na solução do solo aumentando a oportunidade de absorção pelas plantas (Elhaissoufi *et al*., 2022).

Estudos realizados anteriormente, pela equipe deste artigo, caracterizaram a fisiologia de 86 isolados de rizobactérias, das quais isolados do gênero *Bacillus*, mostraram potencial para produção de AIA, lipase e solubilização de fósforo e sideróforos, características de suma importância na escolha de isolados que promovem crescimento de plantas e proteção de sementes para culturas de interesse econômico (Silva, 2018). Bactérias deste gênero possuem mecanismos capazes de induzir resistência na planta e ativar mecanismos de defesa através da produção de diversos compostos, como fitohormônios, além de agirem por antibiose e parasitismo contra fitopatógenos (Tarnawski, 2006; Ramamoorthy *et al*., 2015). Nesse contexto, a bactéria *Bacillus subtilis*-34 surge como alternativa promissora por colonizar o sistema radicular das plantas. Essa espécie é capaz de produzir inúmeras moléculas, dentre estas, se destaca a

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

produção de lipopeptídeos, moléculas anfifílicas com propriedades biossurfactantes e antimicrobianas, que associados a capacidade de produção de esporos garantem a eficiência na utilização como produto comercial no controle de fitopatógenos (Backman *et al*., 1997; Melo, 1998; Jacobsen *et al*., 2004; Oliveira, 2006).

Assim, acredita-se que este isolado possa atuar na promoção do crescimento. Entretanto, não existem estudos sobre microbiolização de sementes do feijoeiro BRS Estilo com a formulação designada de Biouninema. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da microbiolização de sementes de feijoeiro BRS-Estilo com biouninema quanto a germinação, protrusão radicular, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz e parte aérea de plântulas.

2. METODOLOGIA

Local experimental

Os experimentos foram montados no laboratório de fitopatologia e no laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual de Montes Claros, campus Janaúba-MG. Foram utilizadas sementes de feijão do grupo comercial carioca, cultivar BRS-Estilo.

Multiplicação de *Bacillus subtilis*-34

O isolado *Bacillus subtilis*-34 foi multiplicado em meio Tryptic Soy Agar (TSA) por 48 horas a 28°C em BOD. Após esse período, com o uso de solução salina 0,85% (8,5 NaCl g L^{-1}) as colônias foram colocadas em suspensão e acondicionadas em microtubos tipo eppendorf em geladeira. Essa solução foi utilizada como solução estoque.

Preparo do meio arroz

Dez gramas de arroz foram acondicionados em potes de 300 mL, em seguida foram colocados em autoclave a 121°C sob pressão adequada por 20 minutos. Posteriormente, em câmara de fluxo laminar, dez gramas de arroz previamente autoclavado foram misturados a 100 mL de água com incrementos (185 g C12H 22 O11, 55,5 g de NaCl e 49,29 g KH2PO4 litro^{-1}, pH 7) (Lopes *et al.,* 2019b) previamente autoclavada.

Obtenção das concentrações de Biouninema

A 100 mL do meio líquido de arroz foram adicionados 100 µL de *B. subtilis*-34, estes foram mantidos em agitador orbital a 28 ºC e 220 rpm por 32 horas. Após esse período, realizou-se a diluição do meio com água destilada para obtenção das caldas nas seguintes concentrações: 0% (água destilada apenas), 25% (constituído de 25 mL do meio líquido de arroz e 75 mL de água

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

destilada), 50% (50 mL do meio líquido de arroz e 50 mL de água destilada), 75% (75 mL do meio líquido de arroz e 25 mL de água destilada) e 100% (100 mL do meio líquido de arroz).

Desinfestação das sementes

Sementes de feijoeiro BRS-Estilo foram desinfestadas em álcool 70% durante 30 segundos, em seguida foram imersas em hipoclorito de sódio 0,5% por 1 min. Posteriormente imersas em água destilada esterilizada por 30 segundos, e esse processo repetido 3 vezes, por fim, foi realizada a secagem por um período de 6 horas em câmara de fluxo laminar com luz ultravioleta.

Aplicação de Biouninema nas sementes

Em potes de 300 mL foram adicionados 100 mL do meio líquido de arroz e 100 µL da solução bacteriana estoque. Os potes foram transferidos para agitador orbital a 28ºC por 32 horas a 220 rpm. Após esse período realizou-se a preparação das caldas como descrito anteriormente. As sementes de feijoeiro BRS-Estilo foram imersas nas caldas bacteriana por 30 minutos e em seguida foram secadas em câmara de fluxo laminar por duas horas. Na sequência realizou-se a diluição em série de três sementes de feijoeiro BRS-Estilo (10^{-1} a 10^{-4}). As diluições 10^{-2}, 10^{-3} e 10^{-4} foram plaqueadas em meio TSA. Após 16 horas realizou-se a contagem do número de unidades formadoras de colônia (UFC) por semente.

Teste de germinação de sementes

Para o teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em folhas de papel Germitest®, que foram umedecidos com água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, e mantidos em germinador regulado à temperatura constante de 25 ºC, com avaliação de plântulas normais (estruturas essenciais completas, desenvolvidas, proporcionais e sadias) efetuadas no quinto e nono dia após a montagem do teste (Brasil, 2009), com os resultados expressos em porcentagem (%).

Avaliação da Protrusão Radicular

Concomitantemente, ao teste de germinação, foi avaliado a protrusão de radícula, anotando-se como critério de contagem, o número de sementes que apresentaram após 48 horas da montagem do teste dois milímetros de raiz primária visível, com os resultados expressos em porcentagem (Pereira *et al*., 2012).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Primeira Contagem de Germinação

A primeira contagem de germinação consistiu do registro da porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após o início do teste de germinação (Brasil, 2009). Foi determinado ainda o índice de velocidade de germinação (IVG), cujas avaliações foram realizadas diariamente no mesmo horário, contabilizando-se as plântulas emergidas até o final do teste. Com os dados obtidos, foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962). Foi mensurado o comprimento de parte aérea de dez plântulas consideradas normais de cada repetição, com o auxílio de uma régua milimetrada (cm), e os resultados foram expressos em centímetros. O comprimento de raiz foi efetuado em duas épocas distintas, ao quinto e nono dia após a montagem do teste (dias após a semeadura) foi mensurada a raiz principal de 10 plântulas de cada consideradas normais de cada repetição, com auxílio de uma régua milimetrada (cm). Os resultados foram expressos em centímetros.

Delineamento experimental

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos e quatro repetições, contendo 50 sementes para cada repetição. Sendo os seguintes tratamentos: Água destilada, Biouninema (25%), Biouninema (50%), Biouninema (75%) e Biouninema a (100%), água com incrementos e Onix (6L/ha). A dose do produto comercial foi a recomendada pela empresa produtora (LALLEMAND). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Os dados foram analisados no software Sisvar (Ferreira *et al*., 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de unidades formadoras de colônias (UFC) de *B. subtilis*-34 em função das diferentes concentrações está descrito na tabela 1. A diluição em série demonstrou que à medida que se aumentou a concentração bacteriana nas caldas, aumentou o número de unidades formadoras de colônias (UFC) por mL (Figura 1). Os valores foram de 1,22x107 na concentração de 100% a 6,46x106 na concentração de 25%. Nas sementes que não receberam tratamento com a bactéria não houve crescimento bacteriano o que demonstra que a assepsia foi bem-sucedida.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

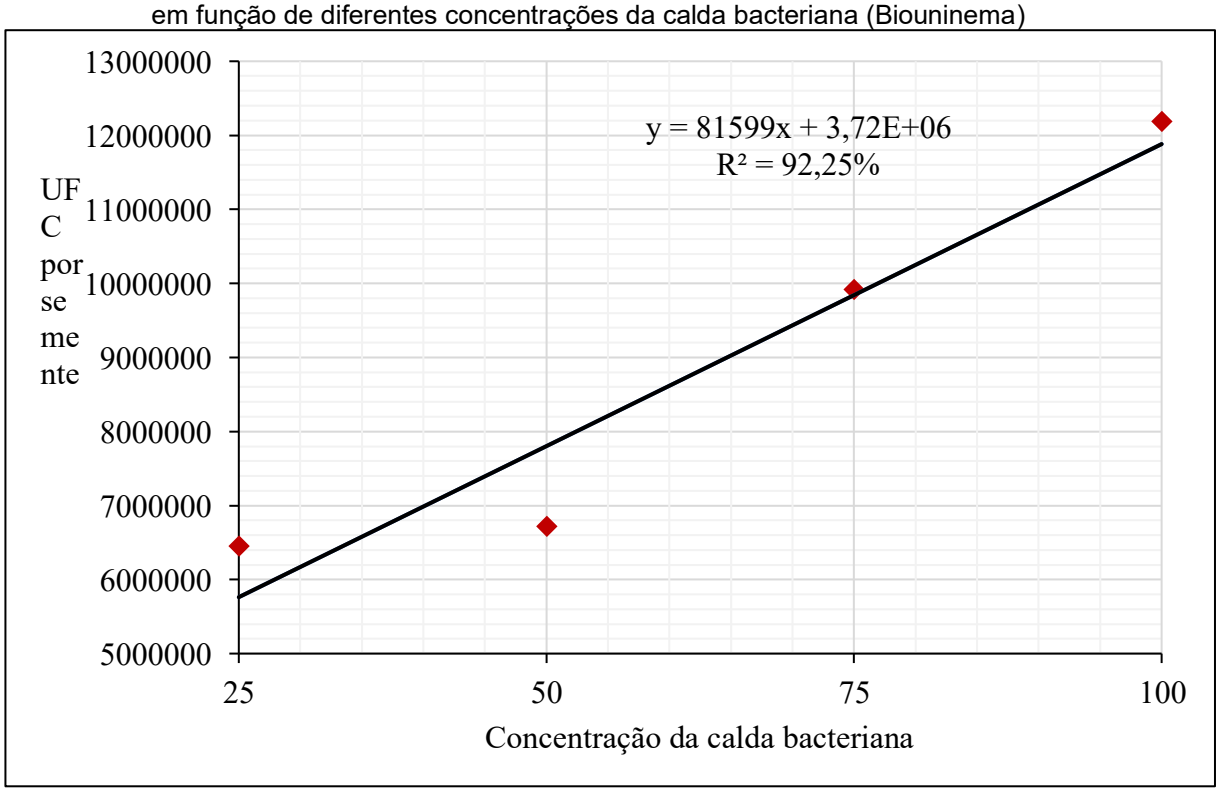
REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 1. Número de UFCs por mL em função das concentrações da formulação Biouninema.

Concentrações da formulação (%)	Número final de UFCs de *Bacillus subtilis*-34
25	$4,96 \times 10^8$
50	$9,92 \times 10^8$
75	$1,49 \times 10^9$
100	$1,98 \times 10^9$
Água destilada	0
Água com incrementos *	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. Número de unidades formadoras de colônias (UFC) de *Bacillus subtilis*-34 por semente em função de diferentes concentrações da calda bacteriana (Biouninema)



Com relação as variáveis germinação e plântulas normais (Tabela 2), observa-se que ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p<0,05$). Os maiores percentuais germinativos e de plântulas normais foram obtidos quando as sementes foram tratadas com Biouninema na concentração de 25%.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 2. Plântulas normais e Germinação de sementes de feijoeiro BRS-Estilo tratadas com diferentes concentrações de Biouninema

Tratamento	Plântulas normais	Germinação
Formulação 25%	83,50 a	78,50 a
Formulação 50%	71,50 b	67,50 b
Formulação 75%	48,00 c	40,0 b
Formulação 100%	68,00 b	60,50 b
Água destilada	53,50 c	44,50 c
Água com incrementos	32,00 d	17,50 d
Onix	69,50 b	59,50 b
CV (%)	11,98	15,23

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Houve diferença estatística entre os tratamentos para as variáveis protrusão radicular e índice de velocidade de emergência (IVE). Maiores valores de protrusão radicular e índice de velocidade de germinação (IVG) foram proporcionados pelo tratamento das sementes de feijoeiro BRS Estilo microbiolizadas com Biouninema. A formulação 25% apresentaram o maior índice de protusão radicular (Tabela 3), enquanto o produto comercial Onix® assemelhou-se as formulações de 50 e 100%, sendo superiores aos demais tratamentos utilizados.

Tabela 3. Protrusão radicular (PR), Primeira contagem de germinação e Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de feijão BRS-Estilo em função dos tratamentos

Tratamento	PR (%)	IVG
Formulação 25%	76,00 a	22,46 a
Formulação 50%	60,50 b	19,23 b
Formulação 75%	36,00 c	12,44 c
Formulação 100%	57,50 b	16,75 b
Água destilada	36,50 c	14,95 c
Água com incrementos	22,00 d	8,07 d
Onix ®	61,00 b	19,14 b
Coeficiente de variação (%)	17,64	12,76

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 4. Comprimento do sistema radicular (CSR) e comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas de feijão BRS Estilo, oriundas de sementes tratadas com diferentes concentrações de Biouninema.

Tratamento	CSR (cm)	CPA (cm)
25%	8,56 a	5,33 a
50%	8,19 a	4,83 a
Formulação 75%	8,18 a	4,53 b
Formulação 100%	7,29 a	4,18 b
Água destilada	7,63 a	4,42 b
Água com incrementos	5,35 b	3,71 c
Onix	8,40 a	5,21 a
CV (%)	14,02	7,09

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis avaliadas ($p<0,05$). As plântulas de feijão BRS Estilo submetidas aos diferentes tratamentos obtiveram resultados semelhantes, superando aquelas tratadas com água com incrementos (Tabela 4). Já quanto ao comprimento de parte aérea, as formulações a 25% e 50% e o produto comercial Onix mostraram-se superiores em comparação aos demais tratamentos.

Com base nos resultados obtidos, as sementes tratadas com biouninema a 25%, mostraram-se com os melhores resultados, atendendo ao padrão mínimo de germinação exigido na qual é 80%. Observou-se que nessa concentração houve maior porcentagem de germinação, maior número de plântulas normais, maior porcentagem de protrusão radicular, comprimento de raíz e comprimento de parte aérea, o que sugere uma influência da bactéria no processo de germinação, corroborando com resultados obtidos por Silva *et al*., (2002), que ao aplicarem B. subtilis em sementes de aveia, obtiveram aumento no teor de germinação das sementes.

A formulação de 25% foi a concentração que melhor proporcionou condições para que a semente alcançasse esses resultados, permitindo a ocorrência de todos os seus processos metabólicos e fisiológicos para germinação das sementes, além da manutenção e do maior número de formação de unidades formadoras de colônias (UFC) de *B. subtillis*-34, podendo haver relação do elevado número de UFCs com a permeabilidade do tegumento das sementes, uma vez que este é responsável pelo controle da perda de substâncias intrecelulares durante a embebição e regulação de trocas gasosas da semente (Duke; Kakefuda, 1981).

Dessa forma, características do tegumento, desde a impermeabilidade à água, cor, até mesmo a porcentagem de lignina, podem estar relacionados a produção de sementes com alto

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

potencial fisiológico. A espessura do tegumento na cultura do feijão é estudado visando esclarecer sua relação quanto a qualidade tecnológica (Gois, 2022; Kilmer *et al*., 2004; Lemos *et al*., 2004; Ribeiro *et al*., 2007).

A primeira contagem da germinação é um teste de crescimento e avaliação de plântulas, determinando o vigor do lote avaliando a porcentagem de plântulas normais no momento da primeira contagem do teste de germinação (Palombarini, 2023), baseia-se no princípio de que as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem são as mais vigorosas.

São consideradas como anormais plântulas que não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, mesmo crescendo em condições favoráveis (Lopes *et al*., 2023). Para o tratamento de água com incrementos e o tratamento com produto comercial (Onix), observa-se maior número de plântulas anormais, o aparecimento dessas anormalidades, foi, provavelmente, devido a compostos presentes na composição desses produtos, além de metabólitos liberados que influência no retardamento da germinação e no pleno desenvolvimento da plântula. Estudos sobre a germinação e fisiologia de sementes de feijão realizados por Kaymakanova (2009), mostram que o cloreto de sódio (NaCl) promoveu diminuição na porcentagem de germinação, crescimento de plântulas e taxa respiratória. A salinidade pode afetar a germinação das sementes, através da criação de potencial osmótico que impede a absorção de água, e através dos efeitos tóxicos dos íons na viabilidade do embrião. Trabalhos sobre efeitos de NaCl na germinação de sementes de feijão realizados por Yu *et al*., (2019), constatou-se que radículas que romperam os tegumentos das sementes foram marcadamente danificadas por sais em concentrações ≥60 $mmol \cdot L^{-1}$, portanto, as sementes conseguiram germinar, mas tiveram dificuldade em formar plântulas normais que pudessem sobreviver a longo prazo.

A protrusão radicular faz parte do processo de germinação da semente, ocorrendo após a absorção de água e retomada dos eventos fisiológicos. Pode ser identificado pelo alongamento do eixo embrionário (Obroucheva *et al*., 2017). O teste de protrusão radicular é um teste de vigor, baseado no princípio de que as sementes com maior vigor emitem a raiz primária mais rapidamente do que as menos vigorosas (Oliveira *et al*., 2019).

Maior porcentagem de protrusão radicular ocorreu quando as sementes foram tratadas com 25% da formulação *B. subtilis* realiza a síntese de fitohormônios, como ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocininas, favorecendo a emissão da protrusão radicular de forma mais rápida. A auxina é necessária para o desenvolvimento normal do endosperma e do tegumento da semente. Durante o desenvolvimento da semente, o endosperma sofre morte celular programada para abrir espaço para o embrião em crescimento, e devido a síntese de hormônios liberado pelas rizobactérias, o embrião acelera seu desenvolvimento emitindo de forma

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

mais rápida a radícula (Steinbrecher *et al*., 2018). A maior porcentagem de protrusão radicular ocorreu quando as sementes foram tratadas com a formulação a 25%.

Estudos feitos por Wang *et al*., (2018) na cultura do tomateiro utilizando líquido de fermentação de isolados de *Bacillus* spp., na concentração (10 6 ufc·mL^{-1}), no tratamento de sementes, obtiveram aumento na velocidade de protusão radicular, e isso tem sido relacionado a produção de giberelinas e auxinas.

O índice de velocidade de germinação (IVG), é calculado para estabelecer as diferenças na velocidade de germinação de grupos de sementes (Brasil, 2009). Observa-se que para a concentração de 25% de Biouninema as sementes obtiveram efeito positivo no índice de velocidade de germinação. Esse efeito pode estar relacionado a capacidade da bactéria em colonizar e produzir compostos a níveis adequados desempenhando de forma satisfatória seus processos fisiológicos para que a semente expressasse melhor índice de velocidade de germinação. Em contrapartida as concentrações mais altas da bactéria promoveram menores índices, mostrando que elevadas concentrações bacterianas podem prejudicar a velocidade de germinação das sementes avaliadas, onde o número elevado de UFCs pode aumentar a quantidade de compostos tóxicos gerados através do seu metabolismo.

Estudos desenvolvidos por Rocha *et al*., (2017) mostraram que isolados de *B. subtilis* aumentaram a germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de feijoeiro BRS Estilo. Assim como, Tao *et al*., (2019) trabalhando com a cultura da pimenta, observou que bactérias do gênero Bacillus spp. promoveram aumento no índice de velocidade de germinação, isso tem sido relacionado a produção de giberelinas e auxinas. Analisando a aplicação em sementes de milho, Junges *et al*., (2014) relataram que *B. subtilis* interfere no crescimento e desenvolvimento de plântulas pela produção dos fitohormônios auxina, giberelina, citocininas e ácido abscísico.

O comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas é utilizado para observar o vigor das sementes, sendo que maiores resultados representam maior capacidade de transformação de reservas dos tecidos, pelo eixo embrionário (Gomes *et al*., 2016). Segundo Hashem *et al.,* (2019) *B. subtilis* induz a plântula a sintetizar fitohormônios que favorecem o crescimento das raízes e aumento no número de pelos radiculares, acarretando um crescimento maior da parte área das plantas. É relatado na literatura que *B. subtilis* pode levar a semente à rápida germinação que levaria ao aumento do comprimento de plântula (Lastochkina *et al*., 2021).

B. subtilis favorece a absorção de água e nutrientes, possibilitando maior desenvolvimento da plântula de feijoeiro BRS Estilo (Buchelt *et al*., 2019). Isso explica os maiores valores do comprimento radicular e parte aérea nas sementes tratadas com a formulação a 25%. Esse processo é otimizado de acordo com o contato da bactéria e a semente promovendo maior desempenho fisiológico, interferindo diretamente na velocidade de germinação e desenvolvimento

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

da plântula. Portanto essa formulação de baixo custo se apresenta como promissora no aumento da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro BRS Estilo.

4. CONSIDERAÇÕES

A microbiolização das sementes de feijão, cultivar BRS-Estilo com *B. subtilis*-34 (Biouninema) na concentração de 25%, favorece uma melhor qualidade fisiológica, mostrando o potencial da bactéria como bioinoculante e servindo como base para estudos futuros.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001 pela concessão de bolsa de mestrado; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsas de pós-graduação e iniciação científica; ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ABUD, H. F.; ARAUJO, E. F; ARAUJO, R. F.; ARAUJO, A. V.; PINTO, C. M. F. Physiological quality of "malagueta" and "biquinho" pepper seeds during ontogeny. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1546-1554, 2013.

BERTELLA, M. **Microbiolização e peliculização**: efeitos sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja. 2016. Monografia (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: Mapa, 2009.

BUCHELT, A. C. *et al*. Application of bio-stimulants and *Bacillus subtilis* in the germination and initial development of corn culture. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019.

CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE G. A.; NETO. M. D.; MATOS, B. F.; DINIZ, B. L. M. T.; Inoculation of local cowpea bean cultivars with rhizobia strains. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 38-44, 2017.

D`AGOSTINI, F.; MORANDI, M. A. B. Análise da viabilidade comercial de produtos à base de *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus* para controle de fitopatógenos no Brasil. *In:* BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas**: uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

DE SÁ, M. N. F.; LIMA. J. S.; DE JESUS, F. N.; PEREZ, J. O.; Microbiolization in seed quality and initial growth of Vigna unguiculata L. Walp plants. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 3, p. 111-115, 2019.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

DUKE, S. H.; KAKEFUDA, G. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibition of the legume seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 67, n. 2, p. 449-456, 1981.

ELHAISSOUFI, W.; GHOULAM, C.; BARAKAT, A.; ZEROUAL, Y.; BARGAZ, A. Phosphate bacterial solubilization: A key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. **Journal of Advanced Research**, v. 38, p. 13-28, 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciênc. Agrotec**., v. 35, p. 1039-1042, 2011.

GOIS, T. R. **Radiação UV-C altera a coloração e o potencial antioxidante do tegumento de feijão carioca**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

GOMES, R. S. S. *et al*. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementesde feijão-fava (*Phaseolus lunatus L*.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, p. 279-287, 2016.

HASHEM, A.; TABASSUM, B.; ABDALLAH, E. F. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi journal of biological sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291-1297, 2019.

JEYANTHI, V; KANIMOZHI, S. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)-prospective and mechanisms: a review. J Pure Appl. **Microbiol**., v. 12, n. 2, p. 733-749, 2018.

JUNGES, B.; TOEBE, M. MULLER, J. PEDROSO, DC. M. Restrição hídrica e peliculização na microbiolização de sementes de milho com *Trichoderma spp*. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 18-25, 2014.

KAMESWARA RAO, N.; DULLOO, M. E.; ENGELS, J. MM. A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. **Genetic resources and crop evolution**, v. 64, p. 1061-1074, 2017.

KAYMAKANOVA, M. Efeito da salinidade na germinação e fisiologia de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biotecnologia e Equipamentos Biotecnológicos**, v. 23, n. sup1, p. 326-329, 2009.

KILMER, O. L.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R. C. Effects of minerals and apparent phytase activity in the development of the hard-to-cook state of beans. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 71, n. 5, p. 476-482, sept./oct. 2004.

LASTOCHKINA, O. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of Phaseolus vulgaris plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages. **Journal of Plant Physiology**, v. 263, p. 153462, 2021.

LEMOS L. B.; OLIVEIRA, R. S. de; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. da. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, abr. 2004.

LOPES, S. Z. B.; MONKOLSKI, A.; MONKOLSKI, J.G.F.; SIQUEIRA, D.J.; Influência do óleo essencial de citronela na repelência e mortalidade de Sitophilus zeamais. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 4, 2023.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARDANOVA, A. M.; HADIEVA, G.F.; LUTFULLIN, M. T.; KHILYAS, I. V. E.; MINNULLINA, L. F.; GILYAZEVA, A.G.; BOGOMOLNAYA, L.M; SHARIPOVA, M.R.; *Bacillus subtilis* strains with antifungal activity against the phytopathogenic fungi. **Agricultural Sciences**, v. 8, n. 1, p. 1-20, 2016.

MUSHTAQ, Z.; LIAQUAT, M.; NAZIR, A.; LIAQUAT, R.; IFIKHAR, H.; ANWAR, W.; ITRAT, N.; Potential of plant growth promoting rhizobacteria to mitigate chromium contamination. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, p. 102826, 2022.

OBROUCHEVA, N. V.; SINKEVICH, I.A.; LITYAGINA, S.V; NOVIKOVA, G.V.; Water relations in germinating seeds. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 64, p. 625-633, 2017.

OLIVEIRA, I. C.; REGO, C.H.Q.; CARDOSO, F.B.; ZUFFO, A.M.; CÂNDIDO, A. C. S.; ALVES, C. Z. Root protrusion in quality evaluation of chia seeds. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 282-287, 2019.

PALOMBARINI, J. P. **Teste de envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de Angico do Cerrado (*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.)**. 2023. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especializaçao) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2023.

PANDEY, P. K.; SINGH, M. C.; KUMAR, M.; PATHAK, M.; SHAKYWA, R. C. Inside the Plants: Endophytic Bacteria and their Functional Attributes for Plant Growth Promotion. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 11-21, 2017.

PEREIRA, F. R. S.; BRACHTVOGEL, E. L.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, J. C. Physiological quality of corn seeds treated with molybdenum. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 450-456, 2012.

RAMAMOORTHY, V.; VISWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; PRAKASAM, V.; SAMIAPPAN, R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop Protection,** v. 20, n. 1, p. 1-11, 2015.

REHMAN, F. U.; KALSOOM M.; ADNA, M.; TOOR MD.; ZULFIQAR, A.; Plant growth promoting rhizobacteria and their mechanisms involved in agricultural crop production: A review. **SunText Rev. Biotechnol**, v. 1, n. 2, p. 1-6, 2020.

RIBEIRO, N. D. *et al*. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 157-163, 2007.

ROCHA, W. S. *et al*. Efeito da microbiolização na germinação e crescimento inicial de feijão caupi no Estado do Tocantins. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 6, p. 41-47, 2017.

SILVA, C. M. **Caracterização fisiológica de rizobactérias e desempenho do feijoeiro comum inoculado com bactérias solubilizadoras de fosfato**. 2018. Tese (Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2018.

SINGH, G; PUJARI, M. *Bacillus subtilis* as a plant-growth-promoting rhizobacteria: A review. **Plant Archives** (09725210), v. 22, n. 2, 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

STEINBRECHER, T.; LEUBNER-METZGER, G. Tissue and cellular mechanics of seeds. **Current Opinion in Genetics & Development**, v. 51, p. 1-10, 2018.

TAO, S. *et al*. *Bacillus subtilis* SL-13 biochar formulation promotes pepper plant growth and soil improvement. **Canadian journal of microbiology**, v. 65, n. 5, p. 333-342, 2019.

TARNAWSKI, S.; HAMELIN, J.; JOSSI, M.; ARAGNO, M.; FROMIN, N. Phenotypic structure of Pseudomonas populations is altered under elevated pCO2 in the rhizosphere of perennial grasses. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, n. 6, p. 1193-1201, 2006.

VALERIANO, T. T. B.; ALMEIDA F. DA SILVA.; NETO, O. F. DA SILVA.; DE SANTANA. M. J.; SILVA K. A. Agronomic performance of cowpea cultivars as a function of plant density. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, p. 12-17, 2019.

WANG, H.; SHI, Y.; WANG, D.; YAO, Z.; WANG, Y.; LIU, J.; ZHANG, S.; WANG. A biocontrol strain of *Bacillus subtilis* WXCDD105 used to control tomato *Botrytis cinerea* and Cladosporium fulvum Cooke and promote the growth of seedlings. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 5, p. 1371, 2018.

YU, S. YU, L.; HOU, Y.; ZHANG, Y.; GUO, W.; XUE, Y. Contrasting Effects of NaCl and NaHCO3 Stresses on Seed Germination, Seedling Growth, Photosynthesis, and Osmoregulators of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 409, 2019.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.