

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
CURSO DE AGRONOMIA**

**DESEMPENHO GERMINATIVO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA
DAS CULTIVARES OLIMPO E NEO 761 TRATADAS COM CEPAS
MICROBIANAS (*Bacillus velezensis* E *Lysinibacillus fusiformis*)
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO**

HABRAÃO BORGES DE SOUSA PRUDENTE

Goiânia

2025

HABRAÃO BORGES DE SOUSA PRUDENTE

**DESEMPENHO GERMINATIVO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA
DAS CULTIVARES OLIMPO E NEO 761 TRATADAS COM CEPAS
MICROBIANAS (*Bacillus velezensis* E *Lysinibacillus fusiformis*)
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO**

Artigo apresentado como requisito parcial para
composição de média final na disciplina de
Trabalho de Conclusão de curso de graduação
em Agronomia, da Pontifícia Universidade
Católica de Goiás, PUC-Goiás.

Orientador: Prof. Esp. Hélder Borges de Assis

Goiânia

2025

HABRAÃO BORGES DE SOUSA PRUDENTE

**DESEMPENHO GERMINATIVO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA
DAS CULTIVARES OLIMPO E NEO 761 TRATADAS COM CEPAS
MICROBIANAS (*Bacillus velezensis* E *Lysinibacillus fusiformis*)
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO**

BANCA EXAMINADORA

Presidente (Esp. Hélder Borges Assis)
PUC-Goiás

Membro I (Prof. Me. Ariston Alves Afonso)
PUC-Goiás

Membro II (Eng. Agrônomo Luís Eduardo Salomão Gomes)
Sementes Maná

Aprovada em ____/____/____.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela benção de estar formando e pela oportunidade a mim concedida de estar finalizando um curso superior e estar me tornando um profissional.

Agradecer também a minha família que sempre me apoiou e esteve comigo quando eu mais precisei e nunca mediram esforços pra quando foi solicitado algum apoio, em especial a minha mãe aquela que cobra a qualidade, esforço e dedicação. Sei o quanto são incômodos tal insistência, mas sei da importância desta atitude onde ela quer apenas me ajudar a extrair o melhor de mim com isso. Quero também agradecer pelos anos que aqui passei nesta universidade; onde fiz bastante amizades e consegui me desenvolver como pessoa e profissionalmente,

Agradecer a todos meus professores que me auxiliaram da maneira necessária para que tivesse e me sentisse o mais a vontade e tranquilo dentro de minha limitação durante as aulas; em especial ao professor Helder o qual aceitou o meu convite a ser meu professor orientador para minha banca de TCC, além de todo o auxílio, compreensão, educação e qualidade no ensino e na assistência durante o meu curso e o desenvolvimento do meu TCC.

Quero agradecer também a todos da banca examinadora os quais aceitaram o meu convite e dizer que vocês foram pessoas também com participação chave no meu período de estudo o qual sempre se dispuseram a me ajudar da melhor forma possível e sempre buscando a melhor opção para resolver as minhas demandas assim quando fosse necessário.

Ao professor Ariston o meu muito obrigado por além de ter sido um ótimo ensinador durante minha formação também se tornou uma pessoa chave para a minha conclusão, meu agradecimento ao senhor é para mostrar o quanto estou grato de tê-lo na banca, uma pessoa com uma ótima carreira, além de experiência de vida e como professor.

Agradecer ao Luís Salomão pessoa importante para minha formação, além de espelho como um profissional da área. Bem como um grande professor que tive além de todo apoio e auxiliador em momentos de dúvida para que eu sempre buscasse a melhor opção além do amparo tanto no meu estágio quando em qualquer situação a que fosse necessária.

Sumário

Sumário	
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO.....	7
2.1 Objetivo geral	7
2.2 Objetivos específicos	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1 FISILOGIA DE SEMENTES E DESEMPENHO GERMINATIVO	8
3.2 VIGOR DE SEMENTES: CONCEITOS, IMPORTÂNCIA E AVALIAÇÃO.....	8
3.3 CULTIVARES DE SOJA: OLIMPO E NEO 761	9
3.4 MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO VEGETAL	10
3.5 APLICAÇÕES DE BIOINOCULANTES EM SEMENTES DE SOJA	10
3.6 EFEITOS DE PRODUTOS BIOLÓGICOS SOBRE A GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA	12
3.7 LACUNAS DE PESQUISA E PERSPECTIVAS FUTURAS	12
3.8 REGISTRO FOTOGRÁFICO E GRÁFICOS	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	13
4.1.1 Condições de Execução (Registradas no dia da semeadura)	13
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS	13
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	14
4.4 TRATAMENTO DAS SEMENTES	14
4.5 AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO E DO ENRAIZAMENTO	15
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

DESEMPENHO GERMINATIVO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA DAS CULTIVARES OLIMPO E NEO 761 TRATADAS COM CEPAS MICROBIANAS (*Bacillus velezensis* E *Lysinibacillus fusiformis*) PROMOTORAS DE CRESCIMENTO

GERMINATION PERFORMANCE AND VIGOR OF SOYBEAN SEEDS FROM THE CULTIVARS OLIMPO AND NEO 761 TREATED WITH MICROBIAL STRAINS (*Bacillus velezensis* AND *Lysinibacillus fusiformis*) WITH GROWTH-PROMOTING ACTION

Habraão Borges de Sousa Prudente¹, Hélder Borges de Assis²

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola Politécnica, Goiânia GO, Brasil¹
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola Politécnica, Goiânia GO, Brasil²

RESUMO

O uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal tem se destacado como estratégia sustentável para melhorar a qualidade fisiológica de sementes e o estabelecimento inicial das culturas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho germinativo e o vigor de sementes de soja das cultivares Olimpo e NEO 761 tratadas com diferentes doses do produto Titânico 2 Cepas, contendo *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (controle, 3,0; 3,5; e 4,0 mL kg⁻¹) e oito repetições de 25 sementes por tratamento, para cada cultivar. As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação e comprimento de raiz aos 10 dias após a semeadura. Os resultados indicaram que as doses do produto não influenciaram significativamente a germinação em nenhuma das cultivares, cujos valores permaneceram elevados (96,5% a 98,5%). No entanto, observaram-se diferenças no crescimento radicular: a cultivar NEO 761 não apresentou resposta significativa aos tratamentos, enquanto a cultivar Olimpo apresentou incremento expressivo no comprimento de raízes na dose de 3,0 mL kg⁻¹, que superou estatisticamente o controle e as

demais dosagens. Conclui-se que o Titânico 2 Cepas não interferem na germinação, mas pode promover o vigor inicial radicular dependendo da cultivar e da dose aplicada, sendo a concentração de 3,0 mL kg⁻¹ a mais eficiente para a cultivar Olimpo. Esses resultados reforçam a necessidade de considerar características genéticas das cultivares na recomendação de bioinoculantes e contribuem para o avanço de práticas sustentáveis no tratamento de sementes de soja.

Palavras-chave: bioinoculantes; vigor fisiológico; *Bacillus*; tratamento de sementes; desenvolvimento radicular.

ABSTRACT

The use of plant growth-promoting microorganisms has emerged as a sustainable strategy to enhance seed physiological quality and ensure adequate crop establishment. This study aimed to evaluate the germination performance and vigor of soybean seeds from the cultivars Olimpo and NEO 761 treated with different doses of the product Titânico 2 Cepas, containing *Bacillus velezensis* and *Lysinibacillus fusiformis*. The experiment was conducted in a completely randomized design with four treatments (control, 3.0, 3.5-, and 4.0-mL kg⁻¹) and eight replications of 25 seeds per treatment for each cultivar. The evaluated variables were germination percentage and root length at 10 days after sowing. The results showed that the product doses did not significantly affect germination for either cultivar, with high values ranging from 96.5% to 98.5%. However, differences were observed in root development: the NEO 761 cultivar showed no significant response to the treatments, whereas Olimpo exhibited a marked increase in root length at the 3.0 mL kg⁻¹ dose, which was statistically superior to the control and to the other doses. It is concluded that Titânico 2 Cepas does not influence germination but can enhance early root vigor depending on the cultivar and applied dosage, with 3.0 mL kg⁻¹ being the most effective concentration for Olimpo. These findings highlight the relevance of cultivar-specific responses in bioinoculant recommendations and contribute to advancing sustainable soybean seed treatment practices.

Keywords: bioinoculants; physiological vigor; Bacillus; seed treatment; root development.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) figura entre as culturas agrícolas de maior importância econômica e social no cenário mundial. No Brasil, a oleaginosa consolidou-se como base estratégica do agronegócio, responsável por expressiva geração de empregos, renda e divisas. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a produção nacional atingiu 147,38 milhões de toneladas na safra 2023/2024, mesmo sob condições climáticas adversas. A área cultivada ultrapassa 44 milhões de hectares, com produtividade média de 3,5 t/ha, consolidando o país como maior produtor e exportador mundial.

Historicamente, a expansão da soja no Brasil esteve associada à modernização da agricultura e à incorporação de novas tecnologias. O avanço da mecanização, o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao Cerrado e o uso de inoculantes contribuíram para o aumento da produtividade e da sustentabilidade da cultura. Atualmente, o complexo soja representa parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário e das exportações nacionais, alcançando cerca de R\$ 334,1 bilhões em valor bruto da produção (CNA, 2024).

Contudo, o crescimento da produção demanda atenção especial à qualidade fisiológica das sementes, insumo essencial para a obtenção de lavouras vigorosas e produtivas. Segundo Marcos Filho (2015), o sucesso de uma safra tem início com a utilização de sementes de alta qualidade, que determinam o potencial de emergência, uniformidade do estande e tolerância a condições adversas. Assim, a busca por tecnologias que assegurem maior vigor e germinação tem se tornado prioridade para o avanço sustentável da cultura.

A legislação brasileira reforça a importância da produção de sementes com padrões rigorosos de qualidade. A Lei nº 10.711/2003, conhecida como Lei de Sementes e Mudas, e o Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM) estabelecem parâmetros legais para a produção, certificação e comercialização de sementes. Essas normativas asseguram a rastreabilidade, pureza varietal e desempenho fisiológico mínimo, elementos fundamentais para garantir a competitividade e sustentabilidade do agronegócio.

O vigor das sementes, conforme Krzyzanowski et al. (1999), é o conjunto de propriedades que determinam o potencial fisiológico para rápida e uniforme emergência das plântulas sob ampla faixa de condições ambientais. Diferente do teste de germinação, que mede apenas a viabilidade, o vigor reflete a integridade metabólica e estrutural das sementes, sendo um indicador mais sensível para prever o desempenho em campo. Testes como o de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio são amplamente utilizados para mensurar esse parâmetro.

Nos últimos anos, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPR – Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) tem se destacado como prática inovadora na agricultura. Bactérias do gênero *Bacillus* apresentam múltiplos mecanismos de ação, como a produção de fitohormônios (AIA, giberelinas, citocininas), solubilização de fósforo, fixação biológica de nitrogênio e secreção de compostos antimicrobianos. Entre elas, *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis* demonstram potencial promissor, promovendo o crescimento vegetal e aumentando o vigor das sementes (Sawant et al., 2023; Vitorino et al., 2024).

Esses microrganismos produzem metabólitos como surfactina, fengicina e iturina, que auxiliam no controle biológico de patógenos e na indução de resistência sistêmica em plantas. Além disso, estimulam o crescimento radicular, melhoram a absorção de nutrientes e favorecem a resiliência da cultura frente a estresses ambientais. Dessa forma, representam alternativa sustentável e eficiente ao uso de produtos químicos convencionais.

Diante disso, torna-se essencial compreender como o tratamento biológico atua simultaneamente sobre dois parâmetros fisiológicos centrais para o vigor inicial: a germinação e o enraizamento, que são decisivos para o estabelecimento da cultura.

As cultivares de soja Olimpo e NEO 761 foram escolhidas neste estudo por apresentarem alto potencial produtivo e ampla adaptação às condições do Cerrado. A cultivar Olimpo destaca-se pelo ciclo precoce e estabilidade produtiva, enquanto a NEO 761 apresenta tolerância a doenças e bom desempenho fisiológico. Ambas têm sido amplamente utilizadas em programas

de pesquisa que visam avaliar o efeito de bioinoculantes no desempenho germinativo e vigor das sementes.

A comparação entre as cultivares Olimpo e NEO 761 permite avaliar diferenças genéticas na resposta às cepas microbianas, possibilitando compreender variações fisiológicas entre genótipos distintos de soja e orientar recomendações específicas por material genético. O produto Titânico 2 Cepas foi escolhido para este estudo por conter as cepas *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis*, reconhecidas por seu potencial promotor de crescimento, aumento de vigor e tolerância a estresses ambientais.

Após a contextualização geral sobre a importância econômica e fisiológica da soja, destaca-se a necessidade de tecnologias sustentáveis que favoreçam a germinação e o desempenho inicial das sementes, direcionando o foco para o uso de bioinoculantes como alternativa promissora. Com base nesses aspectos, o presente trabalho busca avaliar como o tratamento biológico de sementes influencia a germinação e o enraizamento das cultivares de soja, parâmetros determinantes para o vigor inicial e o sucesso da lavoura.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho germinativo e o vigor fisiológico de sementes de soja das cultivares Olimpo e NEO 761 tratadas com as cepas *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis*. Pretende-se compreender os efeitos desses microrganismos sobre o potencial fisiológico das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas, fornecendo subsídios técnicos para a adoção sustentável de bioinoculantes no tratamento de sementes. Este estudo reforça sua relevância científica e prática ao contribuir para a redução do uso de produtos químicos e promoção de uma agricultura mais sustentável e biológica.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto do tratamento com cepas microbianas (*Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis*) sobre o desempenho germinativo e o vigor fisiológico de sementes de soja das cultivares Olimpo e NEO 761, correlacionando os efeitos observados com o desenvolvimento inicial das plântulas. O estudo visa compreender os mecanismos fisiológicos e microbiológicos envolvidos, contribuindo para a utilização sustentável de bioinoculantes na melhoria da qualidade de sementes e eficiência produtiva da cultura da soja.

2.2 Objetivos Específicos

- I. Determinar a porcentagem de germinação sementes tratadas com diferentes cepas microbianas, comparando-as ao tratamento controle;
- II. Verificar diferenças fisiológicas entre as cultivares Olimpo e NEO 761 quanto à resposta aos tratamentos microbianos;
- III. Comparar os efeitos das diferentes dosagens do produto Titânico 2 Cepas sobre o desenvolvimento inicial das plântulas.
- IV. Mensurar o efeito dos tratamentos microbianos sobre o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas, comparando as respostas das duas cultivares

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fisiologia de Sementes e Desempenho Germinativo

A germinação é um processo vital que marca a retomada do metabolismo e o desenvolvimento de uma nova planta, resultante da absorção de água e da reativação de enzimas e processos bioquímicos. De acordo com Marcos Filho (2015), a germinação compreende três fases distintas: a embebição, a ativação metabólica e a emergência da radícula. Para que ocorra de forma eficiente, é essencial que a semente mantenha sua integridade estrutural e bioquímica, o que está diretamente ligado à sua qualidade fisiológica.

O desempenho germinativo depende de fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, incluindo maturação fisiológica, colheita, secagem e armazenamento (Peske et al., 2012). A deterioração das sementes é um processo inevitável e progressivo, agravado por condições inadequadas de temperatura e umidade, levando à redução da viabilidade e do vigor (Fidelis et al., 2025). Assim, o monitoramento da qualidade é indispensável para assegurar a formação de estandes uniformes e produtivos.

A legislação brasileira, por meio da Lei nº 10.711/2003, estabelece parâmetros para garantir a rastreabilidade e o desempenho fisiológico mínimo das sementes, reforçando a importância da utilização de materiais certificados (BRASIL, 2003). A alta qualidade fisiológica é um dos pilares da agricultura moderna, influenciando diretamente o estabelecimento inicial da lavoura, o rendimento final e a sustentabilidade produtiva.

3.2 Vigor de Sementes: Conceitos, Importância e Avaliação

O vigor é definido como o conjunto de características que determinam o potencial fisiológico de uma semente para originar plântulas normais, sob ampla faixa de condições ambientais (Krzyzanowski et al., 1999). Enquanto o teste de germinação avalia a viabilidade em condições ideais, o vigor reflete a capacidade da semente de suportar estresses ambientais e expressar alto desempenho no campo (Vieira & Carvalho, 1994).

Segundo Popinigis (1985), o vigor é afetado por danos mecânicos, envelhecimento, injúrias por umidade e desuniformidade na maturação. Entre os métodos de avaliação, destacam-se o teste de envelhecimento acelerado, o de condutividade elétrica e o de frio. O teste de tetrazólio, por sua vez, permite avaliar a integridade dos tecidos e a atividade respiratória, sendo amplamente empregado em laboratórios de análise de sementes (Embrapa, 2024).

A manutenção do vigor é fundamental para o sucesso do plantio mecanizado, uma vez que sementes de baixo vigor comprometem a uniformidade de emergência, resultando em estandes desiguais e perdas de produtividade. Fidelis et al. (2025) relatam que o armazenamento em condições controladas de umidade e temperatura reduz a taxa de deterioração e mantém o potencial fisiológico por períodos prolongados.

3.3 Cultivares de Soja: OLIMPO E NEO 761

O Brasil é o principal produtor mundial de soja, com destaque para cultivares adaptadas ao Cerrado. A cultivar Olimpo apresenta ciclo precoce, elevada produtividade e estabilidade sob diferentes condições edafoclimáticas. Já a NEO 761 caracteriza-se pela resistência a doenças foliares e alto vigor de sementes, sendo indicada para áreas de média a alta fertilidade (Embrapa, 2024).

O comportamento fisiológico das sementes pode variar conforme o genótipo, influenciando a resposta a tratamentos microbiológicos. Pesquisas conduzidas por Vitorino et al. (2024) mostraram que cultivares de soja tratadas com bioinoculantes apresentaram aumento na germinação e crescimento radicular, demonstrando a relevância de estudos comparativos entre genótipos distintos. O conhecimento dessas respostas diferenciais é essencial para definir estratégias de manejo adequadas e maximizar o retorno agrônômico.

3.4 Microrganismos Promotores de Crescimento Vegetal (PGPR)

Nos últimos anos, o uso de microrganismos benéficos como *Bacillus* spp. e *Lysinibacillus* spp. tem se expandido significativamente, sendo considerados aliados da agricultura sustentável. Esses microrganismos colonizam a rizosfera e interagem de forma benéfica com as plantas, promovendo o crescimento por mecanismos diretos e indiretos (Lanna & Filippi, 2021).

Entre os mecanismos diretos estão a produção de fitohormônios, como ácido indolacético (AIA), giberelinas e citocininas; a solubilização de fósforo; e a fixação biológica de nitrogênio. Já os mecanismos indiretos envolvem a produção de antibióticos, sideróforos e compostos antifúngicos, além da indução de resistência sistêmica (Sawant et al., 2023). Essas ações contribuem para a melhora do desenvolvimento radicular, absorção de nutrientes e tolerância a estresses bióticos e abióticos.

O *Bacillus velezensis* destaca-se pela produção de metabólitos secundários como surfactina, fengicina e iturina, que inibem a germinação de esporos de fungos patogênicos e estimulam a defesa da planta. Já *Lysinibacillus fusiformis* atua na solubilização de fosfatos e na secreção de compostos que favorecem o enraizamento e o crescimento inicial das plântulas (Vitorino et al., 2024). Essas características tornam ambas as espécies potenciais bioinoculantes para o tratamento de sementes.

3.5 Aplicações de Bioinoculantes em Sementes de Soja

O desenvolvimento radicular é um dos principais reflexos da ação dos microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPRs), como *Bacillus* spp. e *Lysinibacillus* spp., sendo fortemente influenciado pela produção de fitormônios, especialmente ácido indolacético (AIA) e giberelinas. Esses compostos estimulam o alongamento celular, a diferenciação dos tecidos e o aumento do número de raízes secundárias, contribuindo diretamente para o vigor das plântulas. Desse modo, o enraizamento se consolida como um importante indicador fisiológico da ação dos bioinoculantes.

O tratamento microbiológico de sementes é uma prática de grande relevância para a agricultura moderna, pois permite que microrganismos benéficos colonizem as raízes logo após a germinação, estabelecendo uma simbiose eficiente. De acordo com Lanna e Filippi (2021), o uso de bioinoculantes à base de *Bacillus spp.* tem mostrado efeitos positivos na germinação, vigor e crescimento inicial da soja, além de proporcionar benefícios adicionais como controle biológico de patógenos de solo.

Sawant et al. (2023) observaram que *Bacillus velezensis*, aplicado em sementes de leguminosas, aumentou significativamente o comprimento radicular e a massa seca de plântulas. Resultados semelhantes foram relatados por Vitorino et al. (2024), que verificaram maior absorção de fósforo e incremento de biomassa em soja tratada com consórcios de *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis*.

A adoção de bioinoculantes também está alinhada com práticas de manejo sustentável e redução do uso de insumos químicos. Ao substituir ou complementar o uso de fertilizantes e fungicidas, essas tecnologias contribuem para a conservação do solo e da microbiota nativa, reduzindo impactos ambientais e promovendo a agricultura de base biológica.

Além dos efeitos observados na germinação, os produtos biológicos exercem influência significativa sobre o sistema radicular. A atuação das cepas *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis* está relacionada ao aumento do comprimento e da massa de raízes, decorrente da produção de reguladores de crescimento vegetal como AIA, giberelinas e citocininas. Esses fitormônios favorecem a expansão radicular e a absorção de nutrientes, refletindo diretamente no vigor fisiológico das sementes.

EFETOS FISIOLÓGICOS DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO SOBRE O SISTEMA RADICULAR

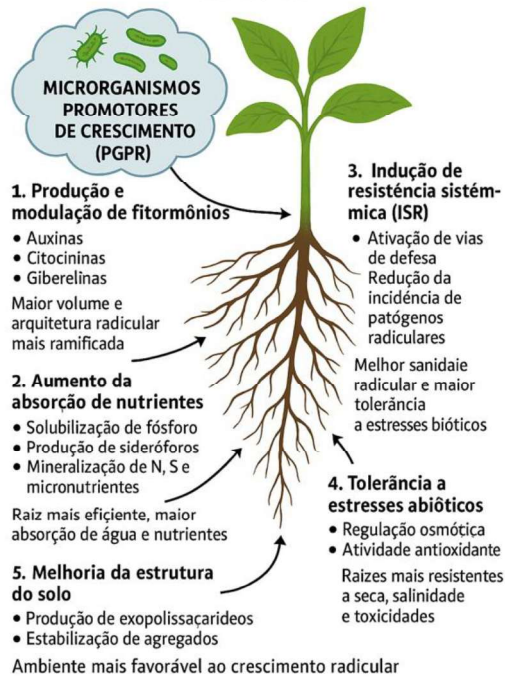


Figura 1 – Representação esquemática dos efeitos fisiológicos de microrganismos promotores de crescimento vegetal sobre o sistema radicular.
Fonte: Imagem criada pelo autor com auxílio do CHAT GPT

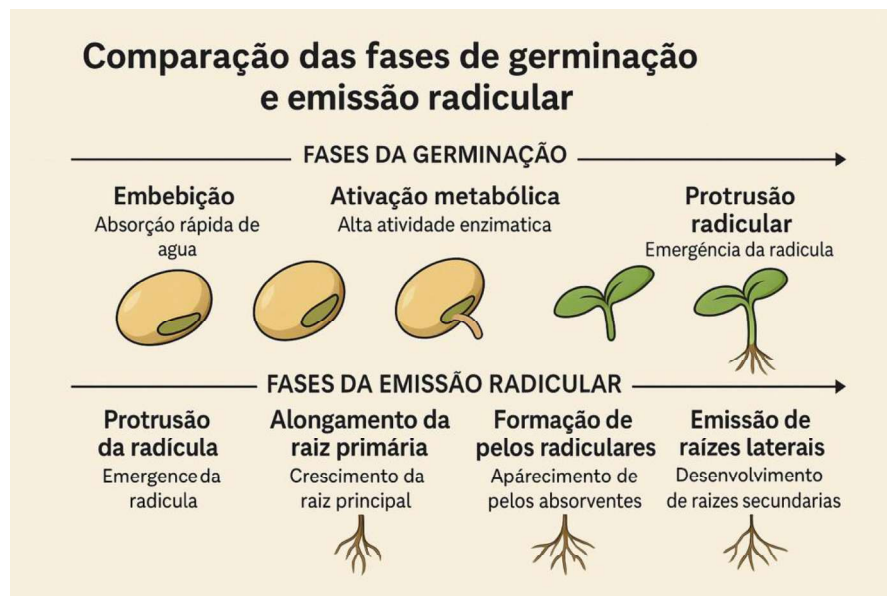


Figura 2 – Comparação das fases de germinação e emissão radicular em sementes de soja. Fonte: Imagem criada pelo autor com auxílio do CHAT GPT

3.6 Efeitos de Produtos Biológicos sobre a Germinação e Vigor de Sementes de Soja

Estudos recentes (2022–2025) demonstram que o uso de produtos biológicos contendo cepas de *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis* promove melhorias significativas na germinação e vigor de sementes de soja. Pesquisas da Embrapa Soja e de revistas científicas nacionais, como a Revista de Ciências Agrárias e Agrarian, destacam o papel desses microrganismos na indução de resistência sistêmica, aumento do crescimento radicular e melhor absorção de nutrientes. Esses resultados reforçam a importância do uso de inoculantes biológicos como alternativa sustentável para o manejo de sementes.

3.7 Lacunas de Pesquisa e Perspectivas futuras

Embora diversos estudos comprovem o potencial dos microrganismos promotores de crescimento vegetal, há carência de pesquisas voltadas à interação entre diferentes cultivares e cepas específicas. A variação genética das plantas pode influenciar a colonização microbiana e a resposta fisiológica, o que torna fundamental o desenvolvimento de estudos comparativos.

Além disso, a maioria dos trabalhos foca em parâmetros morfológicos e produtivos, havendo necessidade de ampliar as avaliações sobre aspectos fisiológicos e bioquímicos relacionados ao vigor e à germinação. A compreensão desses mecanismos permitirá o aprimoramento das formulações de bioinoculantes e sua integração a programas de qualidade de sementes.

Assim, o presente estudo busca contribuir para o entendimento dos efeitos de *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis* sobre o vigor e o desempenho germinativo de sementes de soja das cultivares Olimpo e NEO 761, fornecendo subsídios científicos e práticos para o avanço do uso sustentável de bioinoculantes na agricultura brasileira.

3.8 Registro fotográfico e gráficos

Foram obtidas fotografias ilustrativas de cada tratamento no momento da emergência, 10 dias após a semeadura. Gráficos de barras e boxplots foram elaborados para representar as variáveis fisiológicas (germinação e comprimento de raiz).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido na UBS da empresa Sementes Maná, situada no município de Indiara – Goiás, sob condições controladas e supervisionadas pela equipe técnica da unidade. As etapas foram realizadas em duas fases: tratamento das sementes e avaliação em canteiro experimental, instalado em área aberta, com solo previamente preparado e irrigação controlada.

4.1.1 Condições de Execução (registradas no dia da semeadura)

- Data e horário da semeadura: 05/11/2025, às 17:00;
- Temperatura média do ar: 31°C; Umidade: 48%;
- Solo: areia nivelada;
- Irrigação: mangueira manual, duas vezes ao dia, pela manhã e final da tarde;
- Dosagens reais aplicadas.
- Temperatura média do solo dia plantio: 31°C
- Não houve adubação
- Preparo da área: nivelamento do canteiro
- Profundidade de plantio: 3 cm

4.2 Materiais Utilizados

Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) das cultivares Olimpo e NEO 761, ambas com alto potencial produtivo e amplamente utilizadas na região Centro-Oeste. Antes do plantio, as sementes foram inspecionadas visualmente, descartando-se aquelas danificadas, deformadas ou com sinais de deterioração.

Como agentes promotores de crescimento, foram empregadas as cepas microbianas *Bacillus velezensis* e *Lysinibacillus fusiformis*, aplicadas por meio do produto Titânico 2 Cepas, nas dosagens de 3,0 mL kg⁻¹, 3,5 mL kg⁻¹ e 4,0 mL kg⁻¹ de sementes, além de um tratamento controle sem aplicação do produto.

Foram utilizados recipientes graduados, balança de precisão, bandejas para mistura, misturador manual, além de materiais de campo como canteiros demarcados, régua graduada, etiquetas de identificação, irrigador manual.

4.3 Delineamento Experimental

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e um controle com 8 repetições de 25 sementes por tratamento, para cada cultivar.

Os tratamentos serão constituídos conforme descrito a seguir:

T1 – Controle: sementes sem aplicação de titânico 2 Cepas;

T2 – Titânico 2 Cepas 3,0 mL kg⁻¹ de semente;

T3 – Titânico 2 Cepas 3,5 mL kg⁻¹ de semente;

T4 – Titânico 2 Cepas 4,0 mL kg⁻¹ de semente.

4.4 Tratamento das Sementes

Antes da semeadura, as sementes foram limpas e selecionadas por tamanho e peso uniforme. O produto Titânico 2 Cepas foi aplicado sobre as sementes em um saco plástico, onde através da mistura manual por certo

período mexendo as dentro do saco que garantiu o contato por completo de todas as sementes com o produto, garantindo homogeneidade na cobertura.

Após o tratamento, as sementes foram dispostas em sacos de papel e posteriormente acondicionadas em recipientes plásticos identificados conforme o tratamento e a cultivar correspondente.

4.5 Avaliação da Germinação e do Enraizamento

A semeadura foi realizada diretamente nos canteiros, mantidos sob irrigação diária controlada para assegurar umidade adequada à germinação.

A avaliação de germinação e enraizamento foi realizada no 10º dia após a semeadura, contabilizando-se o número de plântulas normais emergidas e medindo-se o comprimento radicular.

As seguintes variáveis serão observadas:

- Percentual de germinação (%);
- Comprimento médio de raiz (cm).

4.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o software SISVAR® versão 5.8 (Ferreira, 2019). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com transformação dos dados percentuais por $\arcsen \sqrt{(x/100)}$ quando necessário.

Os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos, destacando os efeitos das diferentes dosagens de Titânico 2 Cepas sobre o desempenho germinativo e o desenvolvimento radicular das cultivares de soja.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação das sementes de soja não foi influenciada pelas diferentes doses de titânico aplicadas no tratamento de sementes, tanto

para a cultivar NEO 761 quanto a para a cultivar OLIMPO, conforme é verificado nas figuras 3 e 4. Os valores de germinação permaneceram elevados em todos os tratamentos, variando de 96,5% a 98,5%, sem diferenças significativas pelo teste F da ANOVA ($p>0,05$) e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabelas 1 e 2). Os dados percentuais foram previamente transformados por $\arcsen \sqrt{x/100}$ para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, conforme metodologia adotada.

Para a variável comprimento de raiz, observou-se comportamento distinto entre as cultivares avaliadas. Na cultivar NEO 761, não houve efeito significativo dos tratamentos ($p>0,05$), indicando que as doses de 3,0; 3,5; 4,0 mL kg⁻¹ e o controle apresentaram desempenho semelhante. As médias oscilaram entre 15,04 e 15,54 cm, sem diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 1).

Entretanto, para a cultivar OLIMPO, verificou-se efeito significativo das doses de Titânico 2 Cepas sobre o crescimento radicular ($p<0,01$). A dose de 3,0 mL kg⁻¹ de semente resultou no maior comprimento médio de raiz (16,55 cm), diferindo estatisticamente das demais doses e do controle pelo teste de Tukey. Doses de 3,5 e 4,0 mL kg⁻¹ apresentaram valores intermediários ($\approx 15,26$ -15,28 cm) e foram estatisticamente iguais entre si, porém superiores ao controle (14,10 cm), que apresentou o menor desenvolvimento radicular (Tabela 2).

Esses resultados indicam que, embora as doses de Titânico 2 Cepas não influenciem a germinação, em nenhuma das cultivares. A cultivar OLIMPO apresenta resposta positiva ao produto no crescimento de raízes, especialmente na dose de 3,0 mL kg⁻¹, enquanto a cultivar NEO 761 não demonstra diferença significativa entre os tratamentos.

Os resultados obtidos demonstram que o tratamento de sementes com o Titânico 2 Cepas não influenciou a porcentagem de germinação nas duas cultivares avaliadas conforme apresentado nas figuras 3 e 4, indicando que o produto não interfere no processo inicial de emergência da plântula. A germinação elevada observada em todos os tratamentos (acima de 96%) reforça que as sementes utilizadas apresentavam alta qualidade fisiológica, condição que frequentemente reduz a sensibilidade a bioestimulantes e micronutrientes, conforme relatado por Carvalho e Nakagawa (2012). De forma semelhante, estudos com bioestimulantes aplicados em sementes de soja também não

encontraram incrementos significativos na germinação quando o material propagativo já apresenta vigor superior (Silva et al., 2019; Moreira et al., 2021).

Embora a germinação não tenha variado, o comportamento relacionado ao crescimento radicular diferiu entre as cultivares. Para a cultivar NEO 761, a ausência de efeito significativo das doses de Titânico 2 Cepas sugere que essa cultivar apresenta maior estabilidade fisiológica e menor responsividade a estimuladores de crescimento. Esse tipo de comportamento é relatado em estudos nos quais diferentes genótipos apresentam sensibilidades distintas a compostos reguladores, micronutrientes e produtos à base de silício ou titânico (Ferreira et al., 2018; Santos et al., 2020).

Por outro lado, a cultivar OLIMPO demonstrou resposta clara e expressiva ao produto, especialmente no desenvolvimento radicular. A dose de 3,0 mL kg⁻¹ promoveu alongamento significativo das raízes em comparação ao controle e às demais doses testadas. Esse resultado está de acordo com pesquisas que apontam que o Titânico pode atuar favorecendo o metabolismo fotossintético, aumentando a eficiência no uso de nutrientes e estimulando a síntese de substâncias associadas ao crescimento vegetal (Carvalho et al., 2019; Ramos et al., 2020). O aumento no comprimento de raiz também pode estar relacionado ao maior desenvolvimento dos pelos absorventes e à expansão celular induzida por compostos bioestimulantes, como observado por Taiz et al., (2017).

A superioridade da dose mais baixa (3,0 mL kg⁻¹) em relação as doses mais altas (3,5 e 4,0 mL kg⁻¹) sugere a presença de um ponto ótimo fisiológico acima do qual o produto não promove mais vantagens, podendo até restringir sua eficiência. Esse comportamento é característico de diversas substâncias de ação bioestimulante, que apresentam respostas positivas apenas dentro de faixas adequadas de concentração (Silva & Castro, 2020).

O fato de as doses de 3,5 e 4,0 mL kg⁻¹ terem apresentado desempenho intermediário reforça a hipótese de que concentrações elevadas podem reduzir o efeito fisiológico benéfico, seja pela saturação dos mecanismos de resposta, seja pela competição com rotas metabólicas naturais da semente. Além disso, a superioridade da cultivar OLIMPO perante a NEO 761 quanto à resposta ao Titânico 2 Cepas corrobora a literatura que aponta diferenças na eficiência de bioestimulantes entre genótipos, devido à variação genética na sensibilidade

hormonal, na taxa de desenvolvimento inicial e na expressão de genes relacionados ao crescimento (Queiroz et al., 2021).

De forma geral, os resultados evidenciam que o Titânico 2 Cepas atua principalmente no vigor pós-germinação, mais especificamente no desenvolvimento radicular, e que a magnitude da resposta depende da sensibilidade da cultivar e da dose aplicada. Esses achados possuem relevância agrônômica, uma vez que o maior desenvolvimento de raiz na fase inicial tende a refletir em maior capacidade de absorção de água e nutrientes, além de conferir melhor estabelecimento da cultura em condições de estresses abióticos moderados.

Tabela 1. Cultivar OLIMPO (Modelo B)

Tratamento	Germinação (%)	Tukey	Raiz (cm)	Tukey
3,0	97,0 ± 5,55	a	16,55 ± 0,44	a
3,5	96,5 ± 5,83	a	15,28 ± 0,46	b
4,0	97,5 ± 4,75	a	15,26 ± 0,54	b
Controle	97,5 ± 2,98	a	14,10 ± 0,14	c

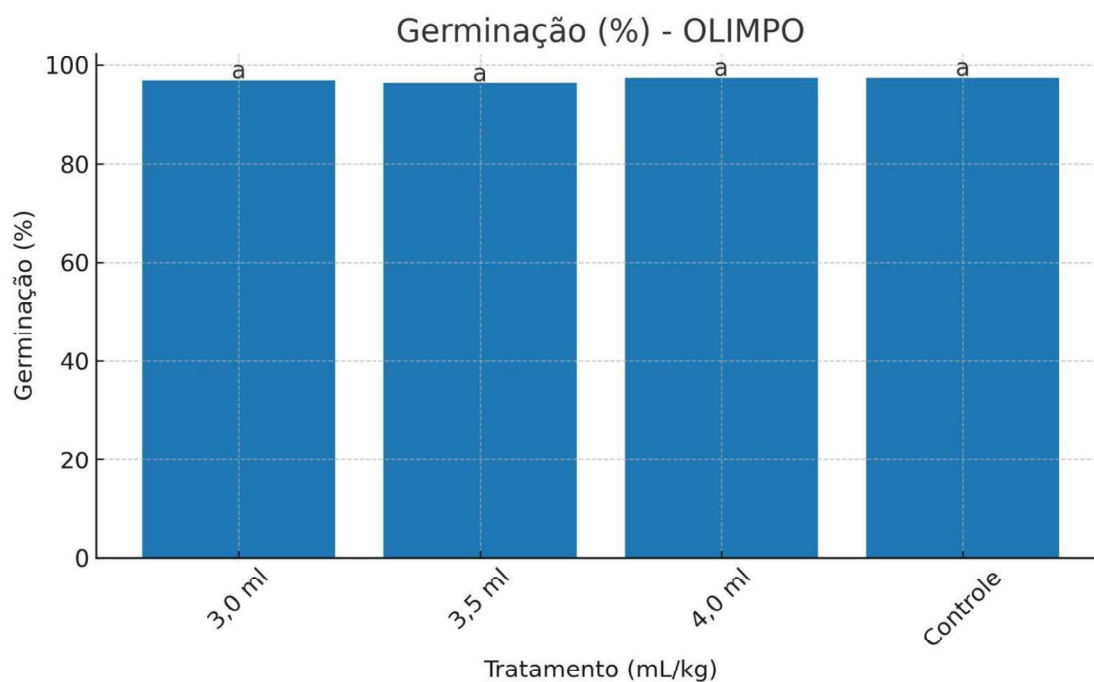


Figura 3. Gráfico de germinação da cultivar Olimpo

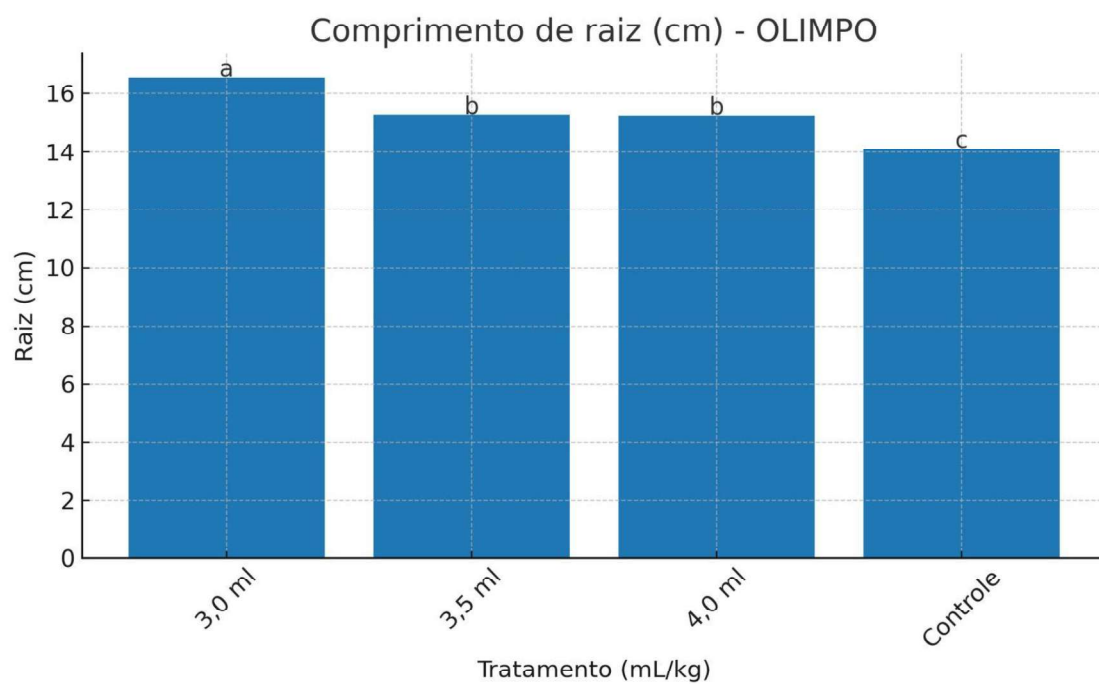


Figura 4. Gráfico de comprimento de raiz em cm da cultivar Olimpo

Tabela 2. Cultivar NEO 761 (Modelo B)

Tratamento	Germinação (%)	Tukey	Raiz (cm)	Tukey
3,0	97,0 ± 4,14	a	15,08 ± 0,78	a
3,5	97,0 ± 8,48	a	15,19 ± 0,20	a
4,0	98,0 ± 5,65	a	15,04 ± 0,37	a
Controle	98,5 ± 2,98	a	15,54 ± 0,41	a

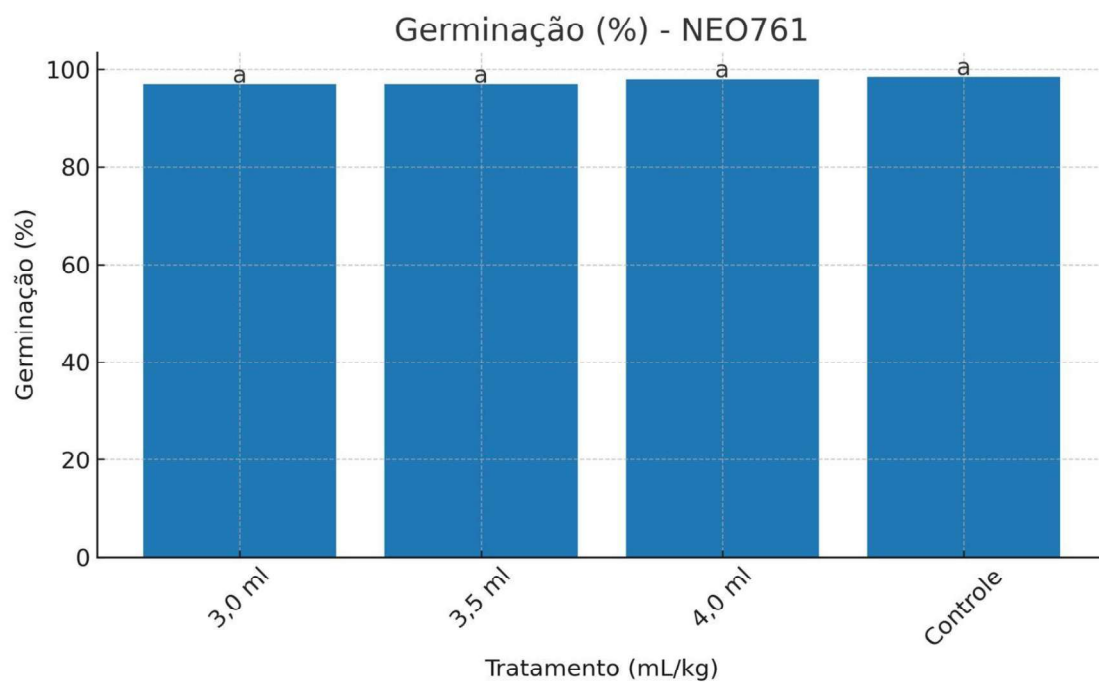


Figura 5. Gráfico de germinação da cultivar NEO761

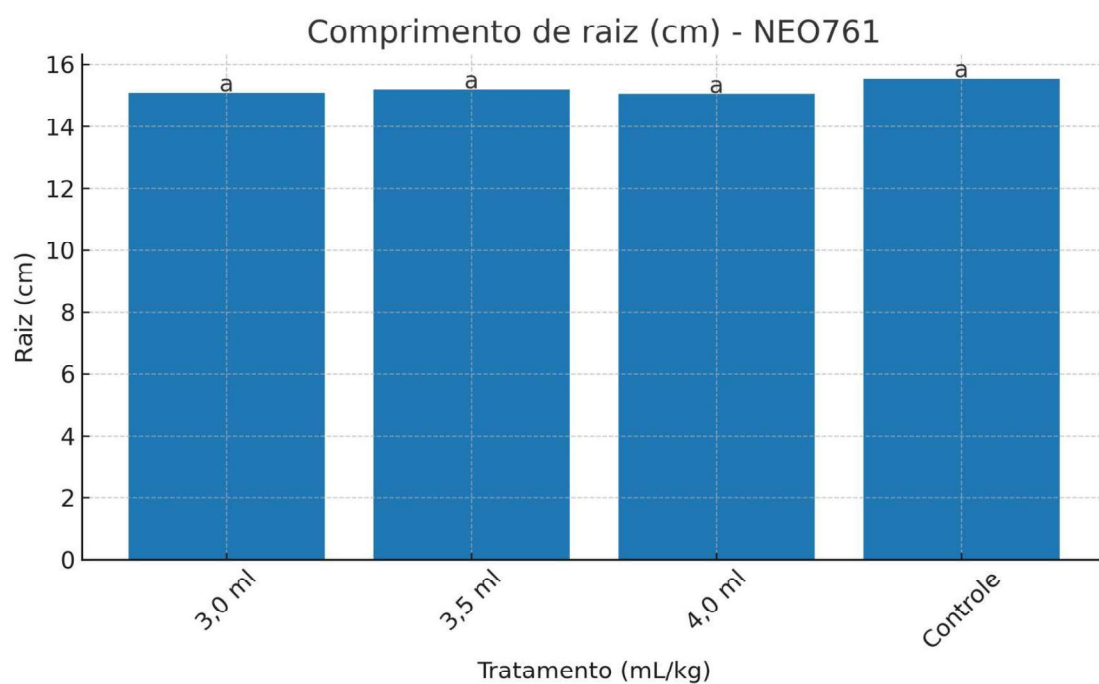


Figura 6. Gráfico de comprimento de raiz em cm cultivar NEO761



Figura 7 T1 – Cultivar NEO 761. Tratamento controle (Sem o agente bioestimulador Titânico)



Figura 8. T1 – Cultivar OLIMPO. Tratamento controle. (Sem o agente bioestimulador Titânico)



Figura 9 T2 - Tratamento com 3,0 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas



Figura 10. T2 - Tratamento com 3,0 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas



Figura 11. Cultivar NEO 761. Tratamento com 3,5 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas.



Figura 12. Cultivar OLIMPO. Tratamento com 3,5 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas



13



14

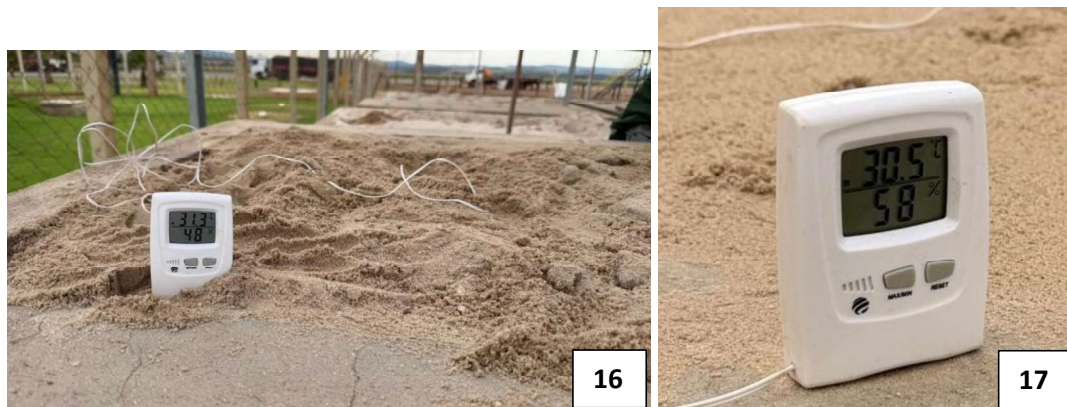
Figura 13 T4 - Tratamento com 4,0 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas

Figura 14. T4 - Tratamento com 4,0 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas



15

Figura 15. Estrutura de plantio.



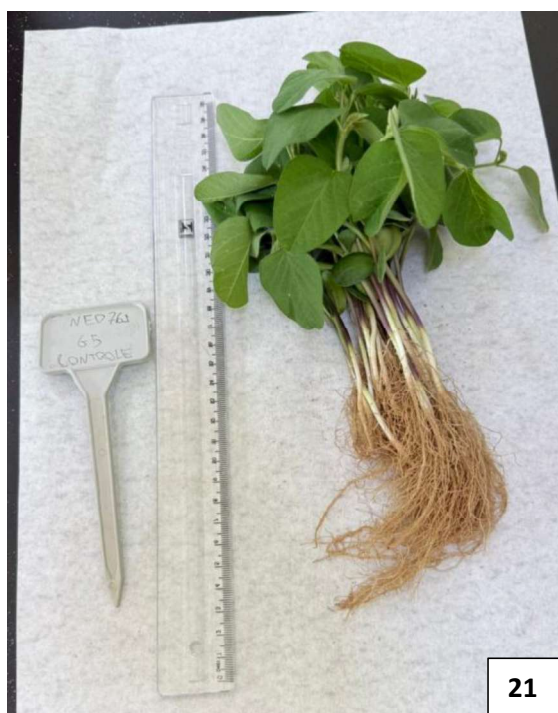
Figuras 16 e 17. Temperatura durante o plantio e avaliação.



Figuras 18 e 19. 10º dia de plantio. Dia da avaliação.



Figura 20. Produto (bioestimulador) utilizado durante o experimento, em diferentes concentrações.



21



22

Figuras 21 e 22. Controle – Cultivar NEO 761.



Figuras 23 e 24. Cultivar NEO 761. Resultado do crescimento com $3,0 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente de Titânico.



Figuras 25 e 26. Cultivar NEO 761. Resultado do crescimento com $3,5 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente de Titânico 2 Cepas.



Figuras 27. Cultivar NEO 761. Resultado do crescimento com $4,0 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente de Titânico 2 Cepas.



Figuras 28 e 29. Cultivar OLIMPO. Resultado do crescimento com $3,0 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente de Titânico 2 Cepas.



Figuras 30 e 31. Cultivar OLIMPO. Resultado do crescimento com 3,5 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas.



Figuras 32 e 33. Cultivar OLIMPO. Resultado do crescimento com 4,0 mL kg⁻¹ de semente de Titânico 2 Cepas.

6. CONCLUSÃO

O tratamento de sementes com diferentes doses de titânico não alterou a porcentagem de germinação das cultivares de soja NEO 761 e OLIMPO, indicando que o produto não exerce efeito significativo sobre o processo germinativo quando as sementes possuem alta qualidade fisiológica.

Entretanto, para o desenvolvimento radicular, observou-se comportamento distinto entre as cultivares. A NEO 761 não apresentou diferenças significativas entre as doses avaliadas, demonstrando estabilidade fisiológica e baixa responsividade ao produto. Por outro lado, a cultivar OLIMPO respondeu positivamente ao tratamento com destaque para a dose de 3,0 mL kg⁻¹ de semente, que proporcionou o maior comprimento de raiz e superou estatisticamente as demais doses e o controle. As doses de 3,5 e 4,0 mL kg⁻¹ apresentaram efeito intermediário, enquanto o controle registrou o menor desenvolvimento radicular.

Dessa forma, conclui-se que o Titânico 2 Cepas pode atuar como estimulador do crescimento inicial de raízes de soja, dependendo da cultivar utilizada e da dose aplicada, sendo a concentração de 3,0 mL kg⁻¹ a mais eficiente para a cultivar OLIMPO. Esses resultados indicam que a recomendação do produto deve considerar a sensibilidade genética das cultivares, além de reforçar a importância da escolha correta da dose para maximizar o vigor inicial das plântulas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2003.

CANAL RURAL. Projeto Soja Brasil: Soja – Conab divulga último levantamento da safra 2023/2024. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br>. Acesso em: 17 out. 2025.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. *Panorama do Agro 2024*. Brasília: CNA, 2024.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2023/2024*. Brasília: CONAB, 2024.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Soja: informações técnicas*. Londrina: Embrapa Soja, 2024.

FIDELIS, T. C. et al. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho inicial de soja sob diferentes condições de armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 47, n. 1, p. 22–33, 2025.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. *Relato dos testes de vigor disponíveis para uso em sementes de soja*. Londrina: Embrapa Soja, 1999.

LANNA, A. C.; FILIPPI, M. C. *Bacillus spp. como agentes promotores de crescimento vegetal*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Exportações do agronegócio fecham 2023 com US\$ 166,55 bilhões em vendas. Brasília, 2024.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. *Produção de sementes de soja*. 2. ed. Pelotas: UFPel, 2012.

POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente*. 2. ed. Brasília: Agiplan, 1985.

SAWANT, S. D. et al. *Bacillus velezensis*: a biocontrol and plant growth-promoting rhizobacteria. *Frontiers in Plant Science*, v. 14, e1085943, 2023.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

VITORINO, A. S. et al. Biofertilizer based on *Bacillus velezensis* and *Lysinibacillus fusiformis* enhances soybean growth and phosphorus acquisition. *Frontiers in Plant Science*, v. 15, p. 1433828, 2024.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **HABRAÃO BORGES DE SOUSA PRUDENTE** do Curso de AGRONOMIA matrícula 2020.2.0129.0017-4, telefone: (62) 99938-0426 e-mail habraaoprudente@hotmail.com na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Desempenho Germinativo e Vigor de Sementes de Soja das Cultivares Olimpo e NEO 761 Tratadas com Cepas Microbianas (Bacillus velezensis e Lysinibacillus fusiformis) Promotoras de Crescimento** gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 23 de setembro de 2025.

Documento assinado digitalmente



HABRAAO BORGES DE SOUSA PRUDENTE

Data: 30/09/2025 20:42:45-0300

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

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: **HABRAÃO BORGES DE SOUSA PRUDENTE**

Assinatura do professor-orientador: _____

HELDER BORGES DE

ASSIS:43120130125

HELDER BORGES DE

ASSIS:43120130125

2025.09.30 20:46:15 -03'00'

Nome completo do professor-orientador: **Hélder Borges Assis**