



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS-UFSCar
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA
Curso de Engenharia Agrônoma



LARISSA AYUMI KUNINARI GASPARINO

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA,
COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR, TRATADAS COM *Bacillus
amyloliquefaciens***

ARARAS - SP

2025

LARISSA AYUMI KUNINARI GASPARINO

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA,
COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR, TRATADAS COM *Bacillus
amyloliquefaciens***

Monografia apresentada ao curso de
Engenharia Agrônômica da
Universidade Federal de São Carlos,
para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Victor Augusto
Forti

Araras - SP

2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou, especialmente à minha mãe e minha bisavó (*in memoriam*), cujo amor e exemplo de força foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTO

À minha família, minha gratidão mais profunda. À minha mãe, que com seu amor incondicional e paciência me guiou em cada passo, sacrificando-se e oferecendo sempre o melhor de si para que eu pudesse conquistar meus sonhos. Seu exemplo de força e dedicação é minha maior inspiração. À minha avó, que com sua sabedoria e generosidade me mostrou o que significa cuidado verdadeiro. Vocês são meu porto seguro e a razão pela qual este momento se tornou possível.

À minha querida bisavó, Yoshiko Kuninari (*in memoriam*), que com tanto amor e dedicação me criou e ensinou o valor da bondade, da paciência e da força. Sua presença marcou profundamente minha vida, suas palavras e gestos seguem comigo como um guia nos momentos de dificuldade. Seu amor incondicional é uma lembrança preciosa que carrego no coração e que me inspira a cada passo. Este trabalho é uma homenagem à sua memória e ao legado eterno que deixou em minha vida, priorizando meus estudos. Sinto sua falta todos os dias desde a sua partida.

Ao meu noivo, João, que foi minha âncora nos momentos mais desafiadores. Obrigada por ser meu companheiro fiel, por cada palavra de incentivo, por cada abraço nos dias difíceis e por acreditar em mim quando eu mesma duvidei. Sua presença me trouxe paz e me motivou a continuar. Aos meus queridos filhos de quatro patas, Fred, Bernardo e Harumi, que me confortaram com sua companhia leal e, mesmo sem palavras, foram um suporte emocional único e insubstituível.

Às minhas amigas de longa data, Luísa, Thaiz e Vanessa, minha gratidão eterna por serem o tipo de amizade que o tempo e a distância não abalam. Vocês são testemunhas de tantas fases da minha vida e têm um lugar especial em meu coração. Obrigada por cada conversa, por cada lembrança alegre e por serem um apoio constante ao longo dos anos. Ter vocês em minha vida é um privilégio. Às minhas amigas da faculdade, Ana e Mabel, por toda a parceria, generosidade e leveza que trouxeram ao meu percurso. Ana, sua ajuda incansável e disposição para compartilhar conhecimento foram essenciais para mim; não sei como teria atravessado tantos desafios sem seu apoio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Victor Augusto Forti, minha gratidão e respeito por sua orientação e confiança ao longo desses anos no Núcleo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Sustentável. Obrigada por cada ensinamento, por sua

paciência e por me desafiar a ir além. Sua dedicação à pesquisa e à nossa formação foi um exemplo valioso, e sou grata por tudo o que aprendi sob sua orientação. Agradeço também à banca avaliadora, pelo tempo, dedicação e contribuições valiosas para este trabalho.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de São Carlos por me proporcionar uma formação acadêmica de excelência e oportunidades de crescimento científico. O ambiente que encontrei nesta instituição foi fundamental para minha formação e para a construção do meu conhecimento.

A cada um de vocês, meu agradecimento sincero e profundo.

"Gostaria de pintar retratos que daqui a cem anos aparecessem como uma revelação (...) não por fidelidade fotográfica, mas antes (...) pela valorização dos nossos conhecimentos e do nosso gosto presente na cor, como meio de expressão e exaltação do caráter."

Vincent Van Gogh

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das leguminosas mais importantes para o Brasil, podendo ser utilizada como matéria prima, como na indústria, biodiesel, alimentação, produção vegetal e como proteína para criação animal. Com o passar do tempo, desenvolveu-se novas tecnologias aplicadas ao cultivo da soja visando uma produção mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente. Dentre as tecnologias, destaca-se o uso de organismos biológicos no tratamento de sementes, como o caso da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*. Entretanto, sabe-se que o tratamento de sementes pode ser influenciado pelo vigor do lote de sementes. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial fisiológico e qualidade sanitária de sementes de soja com diferentes níveis de vigor tratadas com *Bacillus amyloliquefaciens* (*B.a.*). Para isso foram testadas três concentrações de aplicação de *B.a.* em cinco lotes de sementes com diferentes níveis de vigor. Além dos tratamentos determinados, foi conduzido um tratamento controle sem a aplicação do microrganismo. Após os tratamentos, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes de germinação, tetrazólio, emergência de plântulas, teste de frio, comprimento de plântulas e massa de matéria seca de plântulas, e a qualidade sanitária por meio do teste de sanidade (*Blotter test*). Os resultados evidenciaram que sementes de soja de maior vigor beneficiaram-se mais do tratamento com *Bacillus amyloliquefaciens* (*B.a.*) em termos de potencial fisiológico, apresentando maior emergência e crescimento inicial. Lotes de menor vigor responderam positivamente ao tratamento em doses ajustadas, mostrando o potencial do microrganismo em diferentes condições de vigor. O uso de *B.a.* também reduziu a incidência de patógenos como *Fusarium sp.*, *Macrophomina sp.* e *Aspergillus sp.*, melhorando a qualidade sanitária das sementes. Além disso, doses dobradas de *B.a.* destacaram-se pelos melhores resultados, demonstrando a eficácia do tratamento biológico na melhoria do desempenho fisiológico e sanitário das sementes.

Palavras-chave: potencial fisiológico; sanidade de sementes; viabilidade; vigor

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the most important legume crops for Brazil, serving as a raw material for various industries, biodiesel production, food, plant production, and as a protein source for animal feed. Over time, new technologies have been developed for soybean cultivation to promote more sustainable production with reduced environmental impact. One notable technology is the use of biological agents in seed treatment, such as the bacterium *Bacillus amyloliquefaciens*. It is known, however, that the effectiveness of seed treatment can be influenced by the vigor of the seed lot, making this information crucial for optimal application of the technology. Therefore, the objective of this study is to assess the physiological potential and sanitary quality of soybean seeds with different vigor levels treated with *Bacillus amyloliquefaciens*. Three different concentrations of *B. a.* will be applied to five seed lots with varying vigor levels. In addition to these treatments, a control group without the microorganism will be included. Following treatment, the physiological quality of the seeds will be evaluated through tests such as germination, tetrazolium, seedling emergence, cold test, seedling length, and seedling dry matter weight. The sanitary quality will be assessed using the Blotter test. The results demonstrated that soybean seeds with higher vigor benefited more significantly from treatment using *Bacillus amyloliquefaciens* (*B.a.*) in terms of physiological potential, showing greater emergence and initial development. Lower vigor seed lots also responded positively to the treatment when applied at adjusted doses, highlighting the microorganism's potential across different vigor conditions. The application of *B.a.* additionally reduced the incidence of pathogens such as *Fusarium sp.*, *Macrophomina sp.*, and *Aspergillus sp.*, improving the sanitary quality of the seeds. Moreover, doubled doses of *B.a.* stood out with the best results, demonstrating the effectiveness of the biological treatment in improving the physiological and sanitary performance of the seeds.

Keywords: physiological potential; seed sanity; viability; vigor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3 OBJETIVO	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira contribui para o saldo favorável da balança comercial, sendo de extrema importância na sustentação macroeconômica do crescimento do país (IPEA, 2014). Nesse contexto, a soja é a principal commodity produzida no Brasil e tem grande importância na sua economia. Haja visto que o país é um dos maiores produtores de soja do mundo e o maior exportador, com a produção estimada na safra 2024/25 de 166.211,1 mil toneladas, 12,5% superior à da safra 2023/24 (CONAB, 2024). A cultura da soja promove um bom retorno financeiro ao produtor e, com isso, surgem novos investimentos para esse setor, com o uso de novas tecnologias e cultivos alternativos (FAT, 2022).

Sabendo da importância da cultura, o tratamento de sementes de soja tem sido uma técnica empregada para garantir eficiência na semeadura e boa qualidade dos campos de produção. Para além do tratamento químico, o uso de tratamento biológico com aplicação de microrganismos tem sido uma prática comum que garante o controle de possíveis patógenos, presentes nos solos ou nas próprias sementes, para que não prejudique o estande inicial e, por consequência, toda a produção.

Em soja, um dos microrganismos empregados é a bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*. O uso desse agente de biocontrole é sincronizado ao manejo de pragas da soja, sendo sua atuação mais rápida em comparação aos fungos e vírus. Esse agente tem sido utilizado para o controle de lagartas que minutos após a ingestão de esporos e cristais tóxicos da bactéria, encontrados sobre folhas de soja, sofrem paralisia intestinal. Consequentemente, a lagarta da soja cessa a sua alimentação (Batista Filho & Cruz, 1988).

Além do uso direto para o controle de pragas, o *B. amyloliquefaciens* tem sido muito empregado em sementes, provendo maior resistência vegetal em condições abióticas adversas (Melo; Nascimento; Serra, 2021) e para o controle biológico, pois mantém sua viabilidade mantida por longos períodos, demonstrando também ser eficiente contra os isolados de fungos (Albino et al., 2002).

Ademais, a aplicação de microrganismos com efeito bioestimulante em plantas tem sido estudada (Santos, 2021). Nascente et al. (2017a) avaliaram os efeitos de diferentes microrganismos benéficos em relação à trocas gasosas, produção de fitomassa e conteúdo de nutrientes, e o *Bacillus sp.* foi identificado

apresentando os maiores valores nas taxas de biomassa e fotossintéticas de matéria seca em plantação de arroz.

No trabalho de Ferreira, Costa (2021) os isolados de *Bacillus* foram previamente crescidos em Tripticaseina-Soja-Ágar (TSA) 45 g/1000 mL de água (Himedia©) a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por cinco dias no escuro. A germinação das sementes tratadas com os isolados de *Bacillus* QST-713, AP-03 e AP-210 foram maiores do que as testemunhas inoculadas e não inoculada com o patógeno, e, para o envelhecimento acelerado, apresentaram germinação superior aos tratamentos com fungicidas. *Bacillus velezensis* AP-03 apresentou germinação 72,5% acima da testemunha, além de haver uma maior produção de pigmentos (Bettioli et al., 2021).

No trabalho de Dameto et al. (2019) foi analisado o rendimento e qualidade de sementes de soja inoculadas com cepas de *Bacillus subtilis*, e concluiu que este microrganismo promoveu incrementos de produtividade nas cultivares testadas, melhorando a qualidade da semente por conta do aumento de porcentagem de emergência das plântulas e do vigor das sementes (Dameto et al., 2019).

A qualidade de sementes é determinada como um conjunto dos atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos (Alves et al., 2009). Quando se trata do potencial fisiológico, para além da viabilidade, o vigor assume importância, pois é o parâmetro que determina o potencial das sementes de germinar de maneira rápida e uniforme sob uma ampla variedade de condições ambientais (Marcos Filho, 2015). A partir da década de 1960, o vigor foi reconhecido pela indústria de sementes como uma das características fisiológicas mais importantes das sementes (Caixeta et al., 2020).

Atualmente, testes de vigor são muito usados e recomendados, sendo utilizados rotineiramente nos programas de qualidade de sementes (Marcos Filho, 2015). Logo, como esse fator é de extrema importância para a qualidade de sementes, ele pode interferir na eficiência do tratamento biológico. Sendo assim, a compreensão sobre como lotes com diferentes níveis de vigor respondem ao tratamento com bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* pode auxiliar na tomada de decisão e na eficiência dessa prática quando comparado a outros tipos de tratamentos em sementes. Assim, este trabalho tem como tema principal avaliar o efeito do vigor de sementes de soja no potencial fisiológico e na qualidade sanitária de sementes de soja tratadas com *Bacillus amyloliquefaciens*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A agricultura brasileira percorreu diferentes fases de desenvolvimento ao longo de sua história, marcadas pelos ciclos do pau-brasil, cana-de-açúcar, cacau, café e borracha. Além disso, há o ciclo da soja, iniciado na década de 1970 e intensificado no ano de 1990 (Dall'Agnol, 2016). A soja é uma leguminosa de importância econômica e nutricional, amplamente cultivada pelo seu alto teor de proteínas e óleos, sendo essencial para a produção de alimentos, ração animal de forma concentrada e proteica, e biocombustíveis.

O desenvolvimento da soja pode ser dividido em crescimento vegetativo e reprodutivo. Durante a fase vegetativa, a planta forma suas estruturas iniciais, como raízes, caule e folhas, essenciais para sustentar o crescimento posterior e realizar a fotossíntese. A emergência ocorre quando os cotilédones, responsáveis pelo fornecimento inicial de nutrientes à planta, se projetam acima do solo. Com o desenvolvimento, as folhas começam a se expandir, e novas estruturas se formam, garantindo a capacidade da planta de captar luz e realizar a troca gasosa de maneira eficiente. Esse processo segue até a formação completa das folhas superiores, que marca o término do crescimento vegetativo (Seixas et al. 2020).

Já na fase reprodutiva, a planta inicia o florescimento e a formação das vagens, momento em que o foco de desenvolvimento se desloca para a reprodução e produção de sementes. As flores se abrem em pontos específicos do caule, e a formação das vagens começa com o crescimento de pequenas estruturas que, com o tempo, se expandem e atingem seu tamanho final. Após a produção das vagens, os grãos começam a se desenvolver no interior delas, passando por um processo de enchimento, no qual os nutrientes acumulados pela planta são direcionados para a formação das sementes. A fase final do ciclo reprodutivo é caracterizada pela maturação. Nesse estágio, a planta redireciona seus recursos para o completo amadurecimento das vagens e grãos. Esse processo, que vai do crescimento inicial ao amadurecimento, é essencial para maximizar o potencial produtivo da soja e garantir sua qualidade final (Seixas et al., 2020).

As exigências hídricas, climáticas, térmicas e fotoperiódicas são essenciais para o sucesso da soja no Brasil. A planta se desenvolve melhor em temperaturas entre 20 °C e 30 °C, e altas ou baixas temperaturas podem prejudicar seu crescimento, especialmente quando combinadas com falta de água. A soja é

sensível ao fotoperíodo, sendo uma planta de dias curtos, e seu florescimento depende disso. A água é crucial em todas as fases, especialmente na germinação, floração e enchimento de grãos, com déficit hídrico pode haver prejuízo do rendimento. Para mitigar esses impactos, é importante escolher cultivares adequadas, adotar práticas de manejo eficientes e ajustar o momento da semeadura conforme as condições climáticas locais (Embrapa, 1999).

Sobre seu histórico, no final dos anos de 1960, o Brasil começou a perceber o potencial da soja como produto comercial, impulsionado por dois fatores internos. O trigo, principal cultura da região Sul, abriu espaço para a soja como uma alternativa de cultivo no verão, em sucessão a ele. Além disso, o país iniciava esforços para expandir a produção de suínos e aves, criando uma demanda crescente por farelo de soja (Embrapa, 2024). A soja era principalmente destinada à produção de feno para alimentar bovinos leiteiros, enquanto os grãos, produzidos em pequenas quantidades, eram utilizados localmente nas propriedades, principalmente na engorda de suínos, já que a comercialização de grãos era ainda limitada (Dall’Agnol, 2016). Em 1966, a produção comercial de soja já era vista como estratégica, alcançando cerca de 500 mil toneladas.

Na década de 1970, a explosão dos preços da soja no mercado internacional aumentou ainda mais o interesse de agricultores e do governo brasileiro. O Brasil aproveitou uma vantagem competitiva significativa: sua safra era colhida durante a entressafra americana, período de alta nos preços globais. A partir disso, investimentos em tecnologia foram direcionados para adaptar a soja às condições tropicais do país. Esse processo de adaptação também foi uma enorme vantagem, permitindo que a soja fosse cultivada com sucesso em regiões de baixas latitudes, entre o Trópico de Capricórnio e a Linha do Equador. Essa inovação revolucionou a produção mundial dessa leguminosa e começou a ganhar destaque no mercado a partir do final dos anos 1980, com impactos ainda mais visíveis na década de 1990, quando os preços da soja começaram a cair devido ao aumento da oferta (Embrapa, 2024).

É fato de que pesquisas, em diversos setores, estão sendo cada vez mais realizadas, aprimorando o cultivo desta cultura tão importante para o Brasil. Dentre essas abordagens, tem-se as pesquisas em tecnologia e tratamento de sementes.

O tratamento de sementes, atualmente muito realizado com fungicidas

sintéticos, oferece proteção adicional ao início da lavoura a custos baixos, sendo especialmente usado para promover a germinação, atuando como estimulante em todos os estágios de seu desenvolvimento, controle de patógenos transmitidos pelas próprias e protegendo contra fungos do solo. Sementes merecem importância, pois certos microrganismos associados a elas podem ser um fator prejudicial ao estabelecimento inicial da lavoura (Henning, 1994).

Nesse cenário, a sanidade das sementes assume papel de relevância crucial, pois a presença de determinados microrganismos a elas associados pode representar um fator prejudicial ao estabelecimento inicial de uma cultura. O teste tem como finalidade avaliar a condição fitossanitária de um lote de sementes, oferecendo dados essenciais para diversas áreas, como programas de certificação, serviços de vigilância vegetal, tratamentos de sementes, melhoramento genético e outras aplicações (Henning, 1994; Machado, 2000).

A presença de patógenos pode comprometer significativamente a qualidade das sementes armazenadas. Esses patógenos podem ser divididos em dois grupos principais: os que afetam as sementes no campo e os que se desenvolvem durante o armazenamento. Os fungos de armazenamento, por exemplo, podem estar presentes nas sementes logo após a colheita, geralmente em concentrações baixas, agravando a deterioração das sementes. Esses fungos podem produzir micotoxinas, substâncias que representam riscos à saúde humana e animal (Miller, 1995; Carvalho; Nakagawa, 2000; Tanaka, 2001). Dessa forma, o controle adequado das condições de armazenamento e o monitoramento da presença de fungos são práticas essenciais para garantir a qualidade das sementes e a segurança dos produtos derivados delas.

Este tratamento, que pode incluir o uso de fungicidas, inseticidas (Nunes, 2016) ou até bioprotetores, oferece proteção tanto à semente quanto à planta durante as etapas iniciais de desenvolvimento (Avelar et al., 2011; Parisi e Medina, 2013; Bertuzzi et al., 2017). Além disso, a escolha de sementes de soja com alto padrão de qualidade contribui para a redução de perdas iniciais, favorecendo a produtividade (Ludwig et al, 2015).

O tratamento químico de sementes de soja com fungicidas, dentro do manejo integrado de doenças, é uma das abordagens mais simples e econômicas para preservar a produtividade das culturas (Machado, 2000; Goulart; Nunes, 2021).

Porém, há o desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre o tratamento biológico aplicados nessas sementes, trabalhando como uma alternativa para químicos e visando também a redução de impactos ambientais (Bettiol; Morandi, 2009)

Na soja, vários fatores afetam a qualidade das sementes, e a inserção de produtos biológicos podem oferecer melhoria, crescendo significativamente essa pauta no mercado. No trabalho de Araújo (1999), por exemplo, avaliou-se a viabilidade da co-inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium* e *Bacillus subtilis*, com o objetivo de verificar os efeitos dessa co-infecção no desempenho simbiótico do rizóbio, no aumento da fixação biológica de nitrogênio e no rendimento da soja. Em seus resultados, é possível observar que proporcionou aumentos significativos na nodulação, na ocupação dos nódulos pelas estirpes de *Bradyrhizobium*, e no rendimento da soja. Esses incrementos foram observados tanto no número de nódulos quanto na eficiência da fixação biológica de nitrogênio, refletindo em um melhor desempenho da soja.

Já no trabalho de Simonato; Grigolli; Oliveira (2014), entre as tecnologias voltadas para aumentar a eficiência no uso de nutrientes, destacam-se os microrganismos solubilizadores de fosfato. Foi analisada a viabilidade técnica e econômica da aplicação do inoculante BiomaPhos® no rendimento das culturas de milho e soja em diferentes regiões produtoras do Brasil, com o intuito de recomendar sua utilização agrícola e expandir seu uso. Tendo como resultado que a aplicação na dose de 100 mL/ha nas sementes resultou em ganhos significativos de produção. O aumento médio de produção foi de 8,6% para o milho e 6,3% para a soja.

No trabalho de Santos et al. (2024) objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com *Bacillus sp.* e diferentes formas de adubação sob estresse salino na produção de soja. Os resultados indicaram que as adubações orgânicas com biofertilizante bovino e a adubação organomineral (50% NPK + 50% biofertilizante) proporcionaram maior desempenho produtivo em soja irrigada com água de baixa salinidade. A adubação organomineral foi a mais eficiente, tanto com quanto sem *Bacillus sp.* O estresse salino, no entanto, prejudicou os componentes de produção da soja em todas as formas de adubação.

Alliati (2021) estudou a eficiência do controle biológico dos nematóides *Pratylenchus brachyurus* e *Helicotylenchus sp.* na cultura da soja utilizando a

bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*, em diferentes concentrações, associada ao fungo *Trichoderma harzianum*. Os resultados mostraram que os tratamentos com esses agentes não influenciaram a altura e o estande inicial das plantas de soja, nem a massa fresca das raízes e da parte aérea. No entanto, foi observada uma redução no número de *Pratylenchus brachyurus* nas raízes da soja, com o aumento das doses de *Bacillus amyloliquefaciens*. Além disso, o tratamento com *B.a.* e *T.h.* reduziu a população de *Helicotylenchus sp.* nas raízes. Apesar desses efeitos positivos no controle de nematóides, a produtividade da soja não foi influenciada pelos tratamentos. Assim, o estudo conclui que, embora não tenha impactado o crescimento e a produção das plantas, o controle biológico com esses microrganismos pode ser útil na redução de nematóides.

O objetivo de Mertz, Henning, e Zimmer (2009) foi verificar a ação de isolados de *Trichoderma* e *Bacillus* na indução de mecanismos de resistência da soja à antracnose (*Colletotrichum truncatum*). Os resultados indicaram que o tratamento de sementes com o isolado *Trichoderma asperellum* BV10 foi eficiente no controle da antracnose, reduzindo o diâmetro das lesões em até 61%. Esse tratamento também aumentou a atividade de enzimas de defesa, como a peroxidase (POX) e a fenilalanina amônia liase (FAL), após a inoculação com o patógeno. Já *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 aumentou a atividade de POX, mas não afetou a guaiacol peroxidase (GLI).

Sendo assim, é possível observar que o uso de tratamentos biológicos, especialmente com microrganismos como *Bacillus sp.*, está se destacando como uma alternativa aos tratamentos químicos, como uso de fungicidas (Agostini, et al., 2007)., com o objetivo de reduzir os impactos ambientais, tornar a agricultura mais sustentável e melhorar condições do desenvolvimento na semente e no campo (Louro et al., 2024).

A utilização de *Bacillus* pode proporcionar diversos benefícios, ampliando as possibilidades de utilizar esses microrganismos de forma eficiente, seja para aumentar a produtividade na cultura (Agostini, et al., 2007; Braga Junior et al., 2018), principalmente quando combinados com outras práticas de manejo, como a adubação (Lima, 2010; Braga Junior et al., 2017). As pesquisas nesse ramo continuam avançando, trazendo soluções inovadoras que podem transformar as práticas agrícolas e aumentar a segurança alimentar de forma mais ecológica e

econômica.

No Brasil, a valorização cada vez maior das sementes tem incentivado a indústria de sementes de soja a aprimorar aspectos da qualidade, com base nos atributos genéticos, fisiológicos, sanitários e físicos. Para isso, são utilizados processos de tratamento de sementes, que contribuem para manter a qualidade ou assegurar o desempenho no campo (Carvalho et al., 2021). As empresas de sementes ainda lidam com dificuldades significativas para implementar decisões eficientes e confiáveis em seus processos internos de controle, especialmente no que tange à qualidade do tratamento de sementes (Andrade et al., 2024).

Com isso, é evidente o quanto a qualidade das sementes de soja é um fator determinante para o sucesso da cultura, pois influencia diretamente o desempenho da planta desde a germinação até a produção. Sementes de alta qualidade possuem características que garantem uma boa emergência, desenvolvimento vigoroso e resistência a adversidades, como pragas, doenças e condições climáticas desfavoráveis (França-Neto et al., 2016).

Dentre os parâmetros que definem a qualidade das sementes de soja, destacam-se a germinação e a sanidade. A germinação é crucial, pois indica a capacidade das sementes de originar uma plântula normal após a semeadura. A sanidade das sementes é essencial para evitar a propagação de doenças e patógenos que podem prejudicar o estabelecimento da lavoura (Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018). Esses elementos são determinantes para o desempenho das sementes no campo, garantindo o estabelecimento da população ideal de plantas em campos de produção, um fator crucial para atingir elevados rendimentos produtivos (Krzyzanowski, 2004).

Cavalcante et al. (2023), avaliou o uso do teste do etanol como método para determinar o vigor de sementes de soja, com foco em sua eficiência na classificação de lotes em diferentes níveis de qualidade. Foram utilizados 10 lotes de sementes, analisados quanto ao teor de água, germinação, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado, teste de tetrazólio, condutividade elétrica e respiração. O teste do etanol foi aplicado em tempos de embebição de 30, 60, 90 e 120 minutos, sendo o tempo de 30 minutos o mais eficiente para ranquear os lotes de sementes quanto ao vigor. Os resultados indicaram que o teste apresenta associação moderada com a condutividade elétrica e a respiração das sementes, refletindo a

integridade da membrana plasmática. Além disso, a atividade das enzimas LDH, PDC e ADH confirmou a produção de etanol durante a embebição, demonstrando que o teste pode ser um indicador eficiente e prático de vigor para o controle de qualidade em sementes de soja.

Com isso, o vigor também é um atributo extremamente crucial para identificação e aprofundamento, ele é explicado primeiramente pela deterioração da semente, havendo uma perda de capacidade da semente em produzir uma plântula normal, ou seja, com o sistema radicular e a parte aérea bem desenvolvidas. Isso se dá através da perda de capacidade pelas alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas durante seu ciclo de vida. Com isso, o vigor é o inverso da deterioração, pois quanto maior o vigor, menor é a deterioração da semente (Krzyzanowski; França-Neto, 2001).

Para que o vigor seja determinado, são feitos os testes de vigor, sendo amplamente utilizados para avaliar diferenças no desempenho de lotes de sementes, seja durante o armazenamento ou após a semeadura, com o objetivo de destacar aqueles que apresentam maior eficiência para o estabelecimento do estande, mesmo diante de uma ampla variação nas condições ambientais (Marcos Filho; Kikuti,; Lima, 2009).

Com isso, a avaliação do vigor das sementes é uma etapa essencial para o sucesso na produção de sementes de soja, conhecidas por sua susceptibilidade à deterioração e a práticas inadequadas de manejo após atingirem a maturidade (Marcos Filho, 1999a).

No trabalho de Kolchinski et al. (2005), foi perceptível a influência do vigor em relação ao rendimento dos grãos, havendo o aumento de 30% desse rendimento por plantas provenientes de sementes de alto vigor, em comparação com a população gerada a partir de sementes de baixo vigor.

O tratamento de sementes pode ser associado ao alto vigor da semente, pois influenciam nos efeitos protetores e fisiológicos, auxiliando no crescimento e no desenvolvimento inicial das plantas (Tavares et al., 2014). O tratamento de sementes, que pode incluir o uso de fungicidas, bactericidas, agentes biológicos ou substâncias bioestimulantes, desempenha um papel crucial na germinação, vigor e comprimento radicular (Castro et al., 2008). Por sua vez, sementes com maior vigor demonstram maior rapidez na emergência, além de maior altura e massa seca das

plântulas (Oliveira et al., 2009).

Quando sementes de alto vigor são submetidas a tratamentos adequados, seu desempenho no campo pode ser ainda mais otimizado. A implementação de lavouras de soja utilizando sementes de alta qualidade, associada ao tratamento, reduz significativamente o risco de necessidade de ressemeadura, uma prática amplamente reconhecida como prejudicial à agricultura (Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018)

O trabalho de Freitas (2022), investigou como o vigor das sementes e os tratamentos aplicados influenciam o desempenho agrônômico da aveia preta. Os resultados indicaram que sementes de alto vigor apresentaram melhor desempenho inicial, com maior velocidade de emergência e desenvolvimento das plântulas. Por outro lado, sementes de baixo vigor mostraram desempenho inferior, afetando negativamente o estabelecimento inicial das plantas. O tratamento de sementes, tem como objetivo proteger as sementes contra patógenos e potencializar o desenvolvimento inicial das plantas. Portanto, a combinação de sementes de alto vigor e tratamentos adequados pode resultar em um desempenho agrônômico superior, embora a eficácia possa variar conforme as condições específicas de cada cultivo. Essa interdependência destaca a importância de alinhar tratamentos específicos às características fisiológicas e sanitárias das sementes utilizadas

Desta maneira, relaciona-se que o tratamento de sementes é uma prática essencial para garantir o vigor das sementes de soja, influenciando diretamente o desenvolvimento e a produtividade da cultura. Assim, a interação entre o tratamento de sementes e o vigor é essencial para o sucesso da lavoura, garantindo sementes com maior resistência e produtividade.

3 OBJETIVO

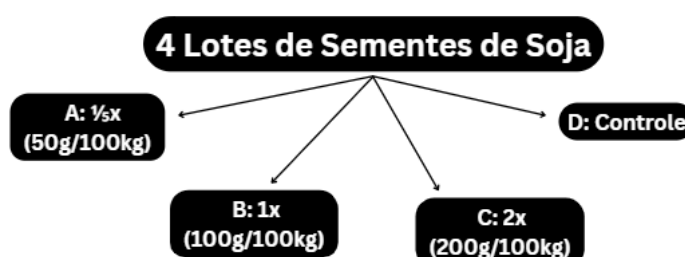
Avaliar o potencial fisiológico e a qualidade sanitária de sementes de soja com diferentes níveis de vigor tratadas com *Bacillus amyloliquefaciens*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no estado de São Paulo, município de Araras, no Laboratório de Agricultura Orgânica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos. As sementes utilizadas foram doadas pela Esalq, enquanto o *Bacillus amyloliquefaciens* foi fornecido pela empresa Koppert. A condução do experimento foi realizada entre 09/2023 a 06/2024.

Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) proveniente de quatro lotes com diferentes níveis de vigor e sem tratamento prévio, as quais foram submetidas à três tratamentos compostos de diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens*, baseadas na dose recomendada, metade da dose recomendada e o dobro da dose recomendada, acrescido de um tratamento controle, sem o microrganismo (Figura 1 e Tabela 1). As doses escolhidas foram diluídas em 5ml de água para um total de 200 sementes.

Figura 1 - Tratamentos de *Bacillus amyloliquefaciens* realizados em sementes de 4 lotes de sementes de soja.



Fonte: Figura do autor (2024),

Tabela 1: Dose de *Bacillus amyloliquefaciens* utilizada em sementes de soja para compor cada tratamento. As doses são diferentes para cada lote, pois as massas de sementes são diferentes entre os lotes estudados.

Tratamentos	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
A	0,014g	0,023g	0,019g	0,019g
B	0,028g	0,046g	0,038g	0,038g
C	0,056g	0,092g	0,076g	0,076g

A: 1/2x da dose recomendada (50g/100kg), B: 1x da dose recomendada (100g/100kg), C: 2x a dose recomendada de *Bacillus amyloliquefaciens* (200g/100kg), diluído em 5ml de água para um total de 200 sementes e distribuídas em cada lote.

Avaliações em laboratório

Visando caracterizar os lotes a serem estudados e os efeitos dos tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens*, as sementes após o tratamento foram avaliadas em relação ao seu potencial fisiológico e a qualidade sanitária por meio dos seguintes testes:

Teste de germinação: O teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, em rolos de papel-toalha "Germitest". Os rolos foram umedecidos com a quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco a uma temperatura de 25°C. Após o preparo dos rolos, esses foram mantidos em câmara de germinação, tipo BOD, a temperatura de 25°C na ausência de luz. As contagens foram realizadas no sexto e nono dia (Brasil, 2009) após a instalação do teste, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes. Os resultados foram expressos em portagem de plântulas normais para cada lote (Brasil, 2009).

Teste de Tetrazólio: Utilizou-se quatro repetições com 50 sementes não tratadas, para tratamento controle, para cada lote, as quais foram embebidas em papel toalha, previamente umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa. Após 16 horas de embebição à 25°C, as sementes foram colocadas em copos de plástico totalmente submersas em solução de tetrazólio na concentração de 0,075% e em seguida, foram mantidas em estufa a 40°C, no escuro, durante 2 horas. Após alcançar o padrão de coloração, as sementes foram retiradas da estufa, lavadas em água comum e mantidas submersas até o momento da avaliação. O procedimento adotado para a avaliação e a interpretação dos níveis de vigor consistiu no seccionamento longitudinal de cada semente com lâmina de barbear e atribuição de nota de acordo com os critérios estabelecidos em Embrapa (2008).

Emergência de plântulas em areia: Foram utilizadas 50 sementes em quatro repetições para cada lote, as quais foram distribuídas em bandejas de plástico contendo areia como substrato, recebendo uma quantidade de água correspondente a 60% da capacidade de retenção. As caixas foram então mantidas em temperatura ambiente, em laboratório, com avaliação ao décimo quarto dia considerando-se a porcentagem de plântulas emersas para cada tratamento (Marcos Filho; Kikut; Lima, 2009).

Teste de frio: Foi realizado em quatro repetições com 50 sementes em papel toalha umedecido com água destilada com 2,5 vezes sua massa e coberto com 60g de terra. Os rolos foram enrolados, colocados na vertical e mantidos em câmara fria a 10°C durante 7 dias, sendo mantidos posteriormente a 25°C, em câmara de germinação, por mais sete dias. A avaliação de plântulas normais foi em uma única contagem no sétimo dia após transferência dos rolos para a câmara de germinação (Vieira; Vieira; Krzyzanowski; Neto, 2010).

Comprimento de plântulas: Esse teste foi realizado de maneira semelhante ao teste de germinação, com o auxílio de uma régua milimetrada. Foram utilizadas 4 repetições com 20 sementes, as quais foram semeadas em uma linha no terço superior do papel, no sentido longitudinal, os papéis foram previamente umedecidos com água correspondente a 2,5 vezes o peso seco do papel. As sementes foram colocadas com a micrópila voltada para a parte de baixo e então os rolos foram posicionados verticalmente a uma temperatura de 25°C por sete dias. No final dos sete dias, foi realizada a medição das plântulas normais (raiz primária e hipocótilo) com o auxílio de uma régua milimetrada e os resultados foram expressos em centímetros (Vanzolin; Araki; Silva; Nakagawa, 2007).

Massa de matéria seca de plântulas: As plântulas normais provenientes do teste de comprimento de plântulas foram separadas em raiz e parte aérea e foram colocadas em estufa com circulação de ar à 60°C até a estabilização da massa. Os resultados foram expressos em gramas para cada um dos lotes estudados.

Teste de sanidade (*Blotter test*): Foi realizado em placas de petri desinfetadas com hipoclorito de sódio a 5%, contendo como substrato três folhas de papel filtro 80. Logo após, foi adicionado água esterilizada em uma proporção de 2,5 vezes a massa do papel e foi colocado sobre o papel as sementes escolhidas aleatoriamente. As sementes foram colocadas na câmara de germinação por 24h, 24h no freezer e 7 dias na BOD a 25°C (Henneberg et al. 2012).

Após a avaliação dos lotes, estes foram ranqueados em relação ao nível de vigor, considerando os dados do tratamento controle, ou seja, sem a presença do microrganismo *Bacillus amyloliquefaciens*. Destaca-se que a avaliação pelo teste de tetrazólio foi realizada apenas para o tratamento controle, visando auxiliar com informações referentes ao ranqueamento dos lotes estudados.

Delineamento experimental e análise de dados: O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (quatro níveis

de vigor e três concentrações de *B. amyloliquefaciens* + controle). Os resultados foram avaliados por meio do teste de análise de variância e quando houve efeito significativo foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

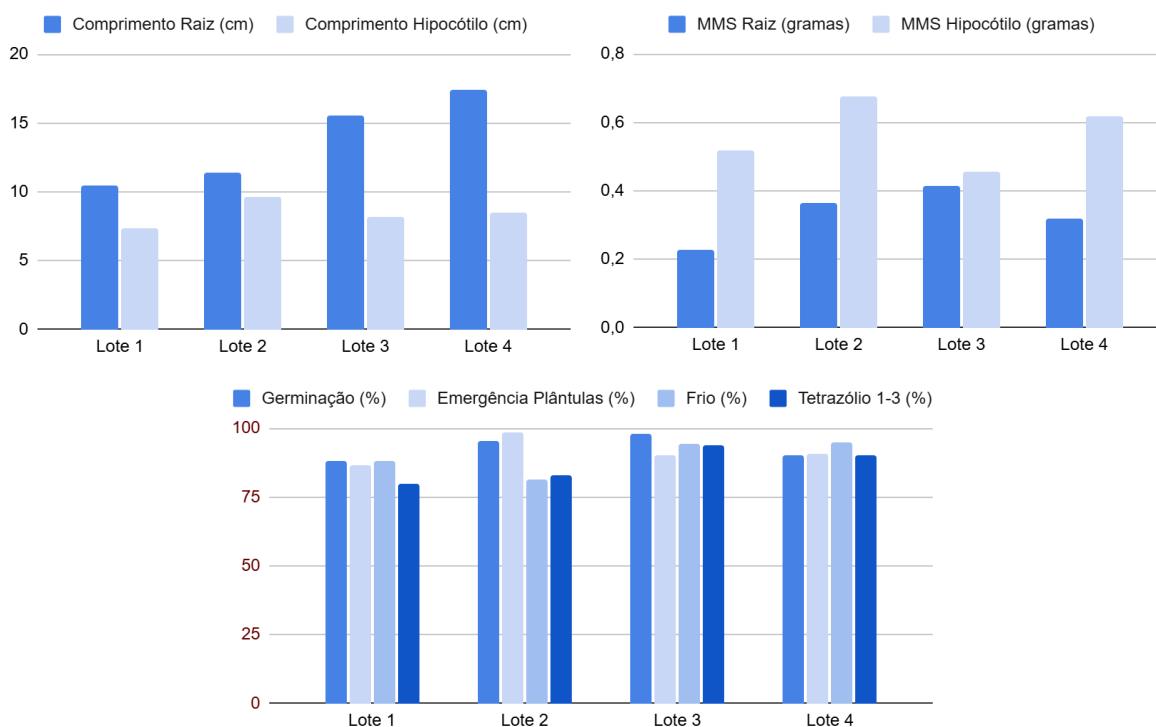
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise inicial dos dados, envolvendo os testes de viabilidade e vigor, foi realizada a caracterização dos lotes de sementes estudados. O ranqueamento dos lotes foi feito com base nos resultados obtidos no tratamento controle em todos os testes realizados, sem a interferência de *Bacillus amyloliquefaciens* (Figura 2, Tabelas 2 a 6) Observou-se que o lote 3 apresentou o maior vigor, com os melhores resultados, o lote 1 demonstrou o menor vigor, registrando os piores desempenhos no tratamento controle, enquanto os lotes 2 e 4 demonstraram vigor intermediário.

Os lotes 2 e 4 foram classificados com vigor intermediário porque, embora não tenham apresentado o melhor desempenho, como o lote 3, também não mostraram o pior, como o lote 1. Nos testes de viabilidade e vigor, esses lotes apresentaram boa taxa de germinação e desenvolvimento das plântulas, mas com resultados ligeiramente inferiores ao lote 3 em termos de velocidade de emergência e crescimento. Essa classificação reflete o desempenho médio dos lotes, com base nos testes de controle realizados.

O menor vigor do lote 1 pode ser explicado por diversos fatores que afetam a qualidade das sementes, como práticas de manejo menos adequadas após a maturidade (Marcos Filho, 1999a), deterioração natural, condições de armazenamento ou danos mecânicos.

Figura 2 - Germinação, emergência de plântulas, Teste de frio e tetrazólio, em porcentagem, Comprimento de plântulas, raiz e hipocótilo, em cm e Massa de matéria seca de raiz e massa de matéria seca de hipocótilo, em gramas, de quatro lotes de sementes de soja.



O desempenho superior de uma cultura está diretamente associado à qualidade das sementes, a qual é definida pela germinação e pelo vigor (Motta et al., 2000). Vieira e Castro (2001), ao analisarem o efeito de bioestimulantes na germinação de sementes, no vigor de plântulas e na produtividade da soja, observaram incrementos na porcentagem de plântulas normais, na massa de matéria seca das plântulas, na produção de grãos e na massa de matéria seca de grãos por planta.

A germinação é o processo que marca a retomada do crescimento ativo do eixo embrionário, envolvendo uma sequência ordenada de atividades metabólicas. Esse processo inicia-se com a embebição das sementes, promovendo o desenvolvimento do embrião até a formação de uma plântula normal, sendo dependente de fatores como umidade, temperatura e oxigênio (UFESM, 2024). Ademais, a germinação das sementes sofre alterações por fatores internos, relacionados à longevidade, vigor, e por fatores externos, como água, oxigênio e temperatura (Carvalho & Nakagawa, 2012).

A falta de água no solo é uma das razões mais frequentes para a baixa germinação das sementes de soja, uma vez que a estiagem é comum durante a semeadura. No entanto, a emergência e o crescimento das plântulas também são

influenciados pelo seu potencial fisiológico, que determina sua capacidade de superar condições adversas (MORAES & MENEZES, 2003). Porém, é clara a necessidade da utilização do teste de vigor, para que haja a validação da qualidade das sementes, pois o teste de germinação não detecta o andamento da deterioração das mesmas, e sim indicando a etapa final do processo (Marcos Filho, 2015). Sendo assim, altos níveis de degradação da membrana podem promover a inativação da via glicolítica e ativar a via fermentativa, resultando na redução da germinação das sementes. Além disso, a degradação da membrana está relacionada ao envelhecimento natural, à perda de solutos orgânicos e ao aumento da atividade respiratória (Moncaleano-Escandon et al., 2013).

Relacionado agora os tratamentos com *B. AmyloliQUEfaciens* aos lotes com diferentes níveis de vigor, é possível observar que não houve distinção entre as sementes tratadas com *B. amyliQUEfaciens* e as apenas com o tratamento controle para a germinação (Tabela 2), não interferindo na viabilidade das sementes. No trabalho de Gomes (2009) também não houve diferenças significativas ao semear sementes de soja e o vigor com o uso de um tratamento. O autor explica que isso ocorreu porque as sementes germinaram e emergiram rapidamente, devido ao seu bom potencial fisiológico. Logo, o uso do tratamento se mostrou desnecessário ou até irrelevante.

Da mesma maneira, o autor pontuou que sementes com baixo vigor também não apresentaram resposta ao tratamento, permanecendo suscetíveis à infecção por fungos presentes na casca, mas não apresentando alterações consideráveis. No entanto, também foi apontado por Vanzolini (2007), no caso das sementes de soja, que o teste de germinação não demonstra ser tão sensível para separar os lotes em níveis de vigor, em comparação ao teste de comprimento da plântula ou partes dela.

A eficiência de um teste de vigor é comprovada quando ele demonstra correlação com o teste de emergência em campo, sendo esse considerado o melhor parâmetro para avaliar o vigor dos lotes de sementes (Marcos Filho, 1999). Isso se deve ao fato de que, durante a execução do teste, são simuladas condições semelhantes às que as sementes enfrentarão no momento da semeadura no campo (Silveira et al., 2002). No entanto, no teste de emergência de plântulas, não houve efeito para o lote 3, o de maior vigor. Em lotes de menor vigor (1), a emergência foi superior com as doses mais baixas (A) ou a dose recomendada (B).

No trabalho de Henning (2010), o autor pontua que a maior rapidez na emergência pode conferir uma vantagem inicial às plantas originadas de sementes vigorosas, permitindo um melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes. Desta maneira, pode-se concluir que o fato de não ter sido observado efeito significativo no lote 3, o de maior vigor, pode ser explicado pelo fato de que sementes de alto vigor têm uma capacidade maior de germinação e desenvolvimento das plântulas, independentemente das condições do teste ou das doses aplicadas. Ou seja, essas sementes já possuem um bom potencial fisiológico e respondem bem às condições do ambiente, o que torna as doses de fertilizantes ou outros tratamentos menos impactantes no seu desempenho.

Já na comparação entre os lotes em cada tratamento, observa-se que o dobro da dose recomendada (Tratamento C) foi o único tratamento em que as sementes dos lotes de maior vigor e intermediário (lotes 2, 3 e 4) tiveram desempenho superior às sementes do lote 1 (Tabela 2).

Tabela 2: Germinação (G) e Emergência de Plântulas em areia (EP) em sementes de soja tratadas com diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens*.

Lote	Germinação (%)				Emergência de Plântulas (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	85,0Ab	90,5 Aa	86,0Ab	88,0Ac	92,5Aab	94,5Aab	86,0Bb	86,5Ba
2	93,5Aa	91,5Aa	92,0Aab	95,5Aab	96,5Aa	82,0Cc	90,5Bab	98,5Ba
3	96,5Aa	92,0Aa	94,5Aa	98,0Aa	93,0Aab	89,0Ab	90,5Aab	90,0Aa
4	94,0Aa	91,0Aa	93,0Aab	90,0Abc	89,5Bb	96,5Aa	93,5Aba	90,5Ba

A: ½x da dose recomendada, B: 1x da dose recomendada, C: 2x a dose recomendada de *Bacillus amyloliquefaciens*, diluído em 5ml de água para um total de 200 sementes. D: Tratamento controle com sementes tratadas apenas com água. Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, para cada teste, e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O crescimento das plântulas pode ser avaliado por meio do comprimento e da massa de matéria seca, ambos sendo parâmetros objetivos e mensuráveis (dimensão e massa, respectivamente). Essas medidas não estão sujeitas à interpretação pessoal do analista, o que facilita a reprodutibilidade dos resultados. No entanto, para que essa reprodutibilidade seja garantida, é essencial que as condições e os métodos adotados sejam rigorosamente padronizados (Nakagawa,

1999). Segundo Vanzolini e Carvalho (2002), sementes de soja com maior vigor resultam em plântulas de maior comprimento. Esse achado corrobora com outros estudos que também indicam uma relação positiva entre o vigor das sementes e o crescimento das plântulas, refletindo diretamente na qualidade das plantas emergentes e no desenvolvimento inicial.

Em relação ao comprimento de raiz (Tabela 3), observa-se que, os lotes de menor vigor (1 e 2) exibiram um desenvolvimento radicular inferior, independentemente do tratamento aplicado, enquanto os lotes de maior vigor (3 e 4) demonstraram maior comprimento de raiz. Já para o comprimento das plântulas em relação ao hipocótilo, não surgiu aumento significativo para nenhum dos tratamentos aplicados de *B.a* em comparação ao tratamento controle, e sim havendo a diminuição desse comprimento avaliado.

Vanzolini et al. (2007), ao investigarem o uso do teste de comprimento de plântulas para classificar lotes de sementes de soja, observaram que o comprimento da raiz é um indicador mais sensível para a diferenciação entre lotes e apresenta uma correlação mais forte com a emergência das plântulas em campo, quando comparado ao comprimento total das plântulas ou suas partes. Este estudo destaca a importância do comprimento da raiz como um parâmetro mais eficiente na avaliação do vigor das sementes. Estudos realizados por Vanzolini e Carvalho (2002) também demonstraram que sementes de maior vigor apresentam maior comprimento da raiz primária e maior comprimento total das plântulas.

Dessa forma, ao se proceder com uma avaliação global dos dados referentes ao comprimento das plântulas, constata-se que, embora tenham sido verificadas diferenças significativas entre os lotes quanto ao comprimento da plântula ou de suas partes, apenas o comprimento da raiz mostrou-se relacionado com os dados de emergência de plântulas. Assim, é possível corroborar com autores que afirmaram que o comprimento da raiz apresenta maior sensibilidade para a distinção entre lotes de soja (Krzyzanowski, 1991; Nakagawa, 1999), inclusive quando se refere aos efeitos observados em razão ao tratamento biológico de sementes de soja.

Tabela 3: Comprimento de Plântulas da Raiz (CR) e Comprimento de Plântulas do Hipocótilo (CH) em sementes de soja tratadas com diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens*.

Lote	Comprimento raiz (cm)				Comprimento hipocótilo (cm)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	12,3Abc	9,1Ab	10,2Ab	10,5Ac	7,2Ab	6,8Ab	6,8Ab	7,3Aa
2	10,7Ac	11,4Ab	10,7Ab	11,4Abc	11,4Aa	9,3Aab	11,5Aa	9,6Aa
3	18,3Aa	16,8Aba	13,8Bab	15,5ABab	7,9Ab	8,0Ab	7,2Ab	8,2Aa
4	15,8Aab	13,3Aab	16,0Aa	17,4Aa	8,2Bb	11,2Aa	8,2Bb	8,5Ba

A: ½x da dose recomendada, B: 1x da dose recomendada, C: 2x a dose recomendada de *Bacillus amyloliquefaciens*, diluído em 5ml de água para um total de 200 sementes. D: Tratamento controle com sementes tratadas apenas com água. Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, para cada teste, e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Um método amplamente utilizado para avaliar a qualidade e o vigor de sementes em condições de baixa temperatura, cujo princípio se baseia em um teste de resistência em condições adversas, é o teste de frio. Quando os resultados obtidos no teste de frio se mostram semelhantes ao teste padrão de germinação, há uma elevada probabilidade de que o referido lote possua aptidão para germinar sob uma vasta gama de condições ambientais, especialmente no que se refere ao teor de água e à temperatura do solo (Cicero & Vieira, 1994). Throneberry & Smith (1955) evidenciaram que os danos sofridos pelas sementes de milho durante o processo de secagem puderam ser prontamente detectados por meio da aplicação do teste de frio, destacando sua eficácia na identificação de prejuízos invisíveis a outros métodos.

Sendo assim, é possível observar que não houve diferenciação entre a porcentagem de germinação no teste de frio e nem efeitos em relação aos tratamentos de *Bacillus amyloliquefaciens* (Tabela 4). Observou-se apenas o efeito do teste do tratamento controle, o que foi relevante para a caracterização geral dos lotes quanto aos níveis de vigor. Binsfeld (2014) relatou em seu estudo que o teste de frio não apresentou relevância significativa na interação com os tratamentos aplicados. O autor explica que esse resultado pode ser atribuído ao fato de que o efeito do produto utilizado no experimento está intrinsecamente relacionado à qualidade fisiológica das sementes.

Em outras palavras, a resposta das sementes ao tratamento depende, em grande parte, do seu vigor e capacidade fisiológica pré-existentes, sendo que o teste de frio, ao avaliar apenas a resposta em condições adversas de temperatura, não consegue refletir completamente a influência da qualidade interna das sementes sobre o desempenho dos tratamentos. Também é possível afirmar que sementes de vigor mais baixo apresentam uma taxa de germinação ligeiramente inferior após o teste de frio, porque possuem menor capacidade fisiológica e são mais suscetíveis aos danos causados pelo estresse térmico. Elas têm menores reservas energéticas e estruturas celulares menos eficientes, o que dificulta a germinação em condições adversas, pois de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), quanto maior a quantidade de reservas nas sementes, maior será o vigor das plântulas que delas se originam.

Tabela 4: Teste de frio em sementes de soja tratadas com diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens*.

Lote	Teste de frio (%)			
	A	B	C	D
1	87,0Aab	93,5Aa	87,0Aa	88,0Aab
2	82,0Ab	90,5Aa	92,0Aa	81,5Ab
3	93,5Aa	91,5Aa	91,5Aa	94,5Aa
4	82,5Bb	93,0Aba	86,0Aba	95,0Aa

A: ½x da dose recomendada, B: 1x da dose recomendada, C: 2x a dose recomendada de *Bacillus amyloliquefaciens*, diluído em 5ml de água para um total de 200 sementes. D: Tratamento controle com sementes tratadas apenas com água. Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, para cada teste, e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como dito anteriormente, o desenvolvimento de plântulas pode ser aferido por meio da determinação de seu comprimento ou da massa de matéria seca, parâmetros que representam grandezas físicas distintas, dimensão e massa, respectivamente (Nakagawa, 1999).

Observou-se que as diferentes doses de *Bacillus amyloliquefaciens* testadas impactam de forma significativa a massa de matéria seca das raízes e hipocótilos das plântulas de soja (tabela 5), variando conforme o lote. Os tratamentos de menores doses (A) ou a dose recomendada (B) tendem a apresentar valores mais

elevados de MMSR, principalmente em lotes de vigor intermediário e de maior vigor. Já os tratamentos com maiores doses (C) tendem a apresentar valores mais elevados de MMSH. Ademais, podemos ressaltar a informação de que o lote 3 de maior vigor obteve menor massa de matéria seca de raiz, enquanto se destacou na massa de matéria seca de hipocótilo em relação ao tratamento controle (D). Esse fato pode estar associado a uma alocação diferencial de recursos energéticos e metabólicos durante o desenvolvimento inicial das plântulas. Sementes de maior vigor tendem a priorizar o crescimento das partes aéreas, como o hipocótilo, em detrimento do sistema radicular, visando uma emergência mais rápida e eficiente (Rossi, 2017).

Esse fenômeno pode ser explicado pela busca da planta em otimizar a captação de luz e favorecer o estabelecimento precoce, característica comumente observada em sementes de alta qualidade fisiológica. Em contrapartida, lotes de menor vigor podem apresentar um crescimento mais equilibrado entre raiz e parte aérea, ou até mesmo maior desenvolvimento radicular, como um mecanismo de compensação para sua menor eficiência energética total (Marcos Filho, 2015).

Tabela 5: Massa de Matéria Seca da Raiz (MMSR) e Massa de Matéria Seca do Hipocótilo (MMSH) em sementes de soja tratadas com diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens*

Lote	MMS raiz (gramas)				MMS hipocótilo (gramas)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0,231Aa	0,166Ab	0,204Ac	0,229Ac	0,456ABb	0,433Bb	0,552Ab	0,518ABbc
2	0,307Ba	0,366ABa	0,400Aa	0,366ABab	0,504Bb	0,524Bb	0,701Aa	0,675Aa
3	0,303Ba	0,287Ba	0,307Bb	0,415Aa	0,634Aa	0,662Aa	0,659Aa	0,455Bc
4	0,271Aa	0,345Aa	0,346Aab	0,320Ab	0,619Aa	0,665Aa	0,668Aa	0,618Aab

A: 1/3x da dose recomendada, B: 1x da dose recomendada, C: 2x a dose recomendada de *Bacillus amyloliquefaciens*, diluído em 5ml de água para um total de 200 sementes. D: Tratamento controle com sementes tratadas apenas com água. Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, para cada teste, e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a determinação da condição sanitária de lotes de sementes, foi realizado o teste de sanidade (Machado, 2000). O armazenamento das sementes é uma fase essencial para garantir sua qualidade até o momento da semeadura,

sendo um processo no qual se busca retardar a deterioração das sementes, que pode ser acelerada por condições desfavoráveis, como altas temperaturas e umidade elevada. Esse controle é especialmente importante para sementes de soja, que frequentemente ficam armazenadas por longos períodos após a colheita (Krohn; Malavasi, 2004). Para conservar a qualidade das sementes durante o armazenamento, é recomendado manter um ambiente com baixa temperatura e baixa umidade relativa do ar, condições que ajudam a preservar a viabilidade e o vigor das sementes (Galli; Panizzi; Vieira, 2007).

Já os fungos de campo, podem acometer a cultura na fase inicial do estabelecimento das plântulas ou então nas plantas já formadas, causando doenças de importância para a cultura. Dentre os principais agentes etiológicos, destacam-se: *Colletotrichum truncatum* (responsável pela antracnose), *Macrophomina sp.*, *Phomopsis spp.* (causador de diversas patologias como o cancro da haste, a seca da haste e da vagem, além de contribuir para a deterioração das sementes), *Fusarium semitectum* (também implicado na deterioração das sementes), *Aspergillus flavus* (fungo associado ao armazenamento) e *Penicillium sp.* (apesar de sua menor frequência em relação a *Aspergillus spp.*, este fungo costuma ocorrer em sementes de soja de baixa qualidade) (Goulart, 2004).

É possível observar que as sementes de soja tratadas (Tabela 6) tiveram, de maneira geral, uma menor ocorrência de fungos, principalmente de armazenamento, em comparação ao tratamento controle, como *Aspergillus* e *Penicillium*. No trabalho de Rocha et al. (2014), observou que *Aspergillus ochraceus* compromete significativamente o vigor das sementes de soja, provocando destruição total dos tecidos quando o inóculo ultrapassa 50% da superfície das sementes. Em níveis de infecção inferiores a 50%, a germinação das sementes é prejudicada, resultando em desempenho fisiológico reduzido.

Há outros fungos, como *Cladosporium sp.* e *Fusarium sp.* que, por mais que não causem danos imediatos às sementes, existem infecções latentes que se acumulam durante o armazenamento. Quando não são controladas, essas infecções podem desencadear a deterioração das sementes, pois atuam como porta de entrada para espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*. Eles se desenvolvem facilmente em condições de alta temperatura e umidade relativa, mas também conseguem sobreviver em ambientes com baixa umidade, proliferando após a ação

dos fungos de campo e contribuindo para o processo de deterioração das sementes (Wetzel, 1987).

Na tabela 6, também é possível observar que também há a redução de fungos que têm ocorrência em campo, destacando *Fusarium sp.* e *Macrophomina sp.*. Dentre as várias espécies de *Fusarium*, o mais comum (representando 98% ou mais) encontrado em sementes de soja é o *Fusarium semitectum* (*F. semitectum*). Este fungo é considerado patogênico, pois está relacionado a problemas de germinação em condições laboratoriais. Frequentemente, o *F. semitectum* está associado a sementes que foram colhidas tardiamente ou que sofreram deterioração devido à umidade excessiva no campo. Durante o armazenamento, esse patógeno perde a viabilidade rapidamente em condições ambientais (Goulart, 2018).

No trabalho de Ishikawa et al. (2018), solos infestados com *Macrophomina phaseolina* afetam o desenvolvimento de plantas de soja determinando plantas de menor altura. Esse patógeno é considerado de difícil controle, porém práticas que melhoram as condições físicas do solo contribuem para manter os impactos da podridão em níveis baixos (Almeida et al., 2024).

Sendo assim, observando os dados do teste de sanidade, indica o potencial desse microrganismo em reduzir a incidência de doenças fúngicas e melhorar a qualidade sanitária das sementes, garantindo melhor desempenho das plantas no campo.

Tabela 6: Resultado do teste de sanidade em sementes de soja tratadas com diferentes concentrações de *Bacillus amyloliquefaciens*.

Lote	<i>Colletotrichum sp.</i> (%)				<i>Macrophomina sp.</i> (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0,83Aa	2,50Aa	1,66Aa	0,00Aa	3,33Bb	7,50Bb	4,16Bb	27,50Ab
2	0,00Aa	0,83Aa	0,00Aa	0,00Aa	5,00Bb	14,16Ba	3,33Bb	50,83Aa
3	1,66Aa	0,00Aa	0,00Aa	0,00Aa	12,50Aab	11,66Aab	16,66Aa	25,83Ab
4	0,83Aa	3,33Aa	0,00Aa	0,83Aa	19,60Ba	1,66Bb	5,00Bb	40,83Aa

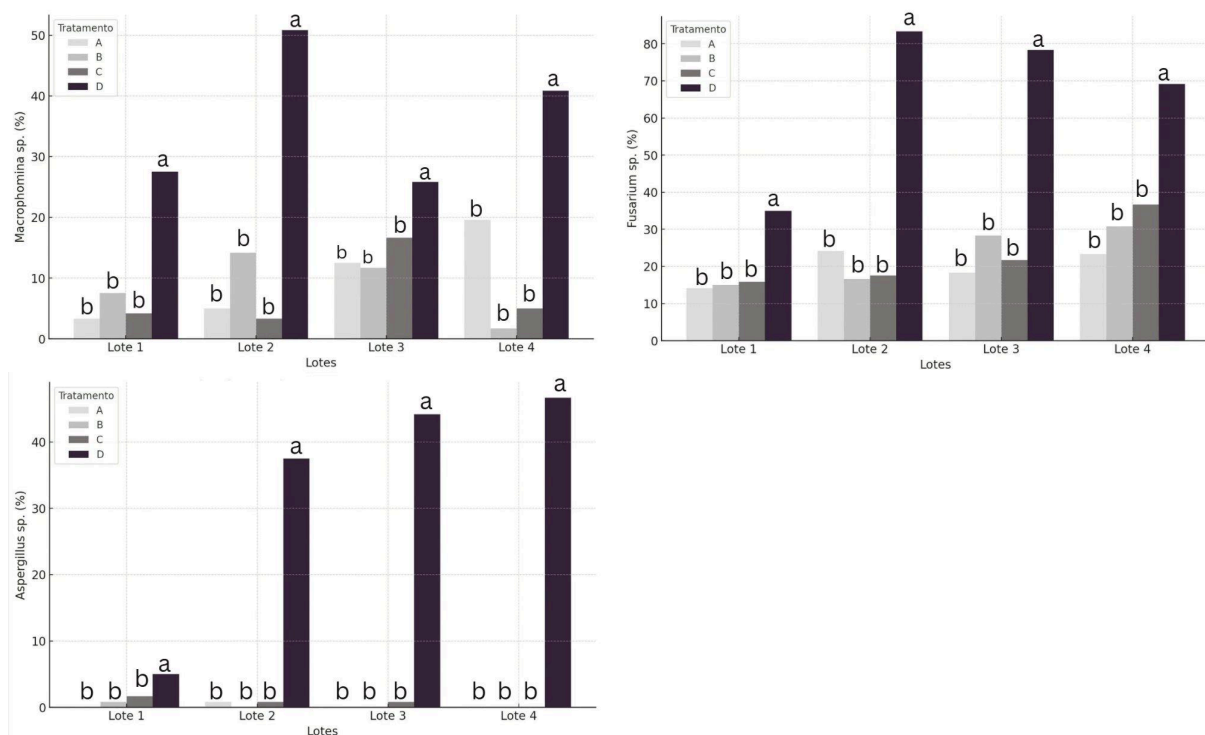
Lote	<i>Phomopsis</i> sp. (%)				<i>Fusarium</i> sp. (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	14,16Aa	11,60Aa	12,50Aab	11,60Aab	14,16Ba	15,00Bb	15,83Bb	35,00Ab
2	16,60Aa	18,30Aa	18,30Aa	9,16Aab	24,16Ba	16,60Bb	17,50Bb	83,33Aa
3	16,60Aa	15,00Aa	12,50Aab	3,30Ab	18,33Ba	28,33Ba	21,66Bb	78,33Aa
4	25,00Aa	10,83AB	5,83Bb	18,33ABa	23,30Ba	30,83Ba	36,66Ba	69,10Aa

a

Lote	<i>Aspergillus</i> sp. (%)				<i>Penicillium</i> sp. (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0,00Aa	0,83Aa	1,66Aa	5,00Ab	15,83Aa	0,83Bab	3,33Ba	0,83Ba
2	0,83Ba	0,00Ba	0,83Ba	37,5Aa	1,66Ab	0,00Ab	0,83Aa	5,83Aa
3	0,00Ba	0,00Ba	0,83Ba	44,16Aa	5,00Ab	3,33Aab	1,66Aa	3,33Aa
4	0,00Ba	0,00Ba	0,00Ba	46,66Aa	0,83Ab	8,33Aa	5,83Aa	4,16Aa

A: ½x da dose recomendada, B: 1x da dose recomendada, C: 2x a dose recomendada de *Bacillus amyloliquefaciens*, diluído em 5ml de água para um total de 200 sementes. D: Tratamento controle com sementes tratadas apenas com água. Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, para cada teste, e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 3 - Incidência de *Macrophomina* sp., *Fusarium* sp. e *Aspergillus* sp.. É visível a redução com o uso de *B. amyloliquefaciens* em comparação ao controle.



Com isso, os resultados indicam que *Bacillus amyloliquefaciens* têm um efeito significativo principalmente para a sanidade de sementes e que o vigor dos lotes de sementes interferiu no efeito no tratamento, pois o uso do bioproduto com lotes de sementes vigorosas, especialmente em doses superiores, pode promover uma emergência e comprimento de hipocótilo mais rápido e uniforme. Já as sementes de menor vigor (lote 1) apresentaram desempenho inferior, mas ainda assim responderam ao tratamento com *B. amyloliquefaciens*, especialmente em doses mais baixas, indicando que o tratamento pode fazer efeito mesmo em sementes que apresentam menor vigor inicial.

A aplicação desse microrganismo pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho das culturas de soja, promovendo o crescimento saudável das plantas e reduzindo a incidência de patógenos. A dose dobrada (2x) geralmente proporcionam os melhores resultados, mas mesmo doses menores (1/2x) podem ser eficazes.

6 CONCLUSÃO

Sementes de soja, com diferentes níveis de vigor, respondem de maneiras variadas ao tratamento biológico com *Bacillus amyloliquefaciens*, sendo que sementes de maior vigor se beneficiam mais do tratamento em termos de potencial fisiológico. Contudo, sementes de menor vigor também podem ser beneficiadas, especialmente com doses ajustadas do tratamento, sugerindo que o microrganismo pode ser aplicado com sucesso em diferentes condições de vigor, desde que adequadamente dosado. A dose dobrada (200g/100kg) de *Bacillus amyloliquefaciens* se mostrou mais interessante em relação aos efeitos fisiológicos e sanitários. Além disso, observou-se uma redução significativa na incidência de fungos, com destaque para *Macrophomina sp.*, *Fusarium sp.* e *Aspergillus sp.*.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, P. et al. **Avaliação do potencial de *Bacillus subtilis* na proteção e no desenvolvimento da soja**. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15772/1/2007RA003.pdf>>.

Acesso em: 11 de Jan. de 2024.

ALBINO, U. B.; ANDRADE, G.; AVANZI, M. A.; JUNIOR, C. B. B.; MARTINES, A. M.; MATSUMOTO, L. S.; SARIDAKIS, D. P. **Efeito fungistático de *Bacillus thuringiensis* e de outras bactérias sobre alguns fungos fitopatogênicos**.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n.8, p. 1189-1194, set 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000800018>. Acesso em: 7 jul. 2022.

ALLIATI, Marcos Luis. **Utilização de produtos biológicos na cultura da soja de segunda safra no sul do Brasil**. 2021. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Santa Maria - Campus Frederico Westphalen, 2021.

ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS, J. R. B.; DE OLIVEIRA, M. C. N.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DA COSTA, J. M.; GAUDÊNCIO, C. A.

***Macrophomina phaseolina* em soja**. ed. 246. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 55 p. ISBN 2176-2937.

ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; GUEDES, R. S.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N.. **Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina Willd.*** (FABACEAE - PAPILIONOIDEAE). Ciência e Agrotecnologia, v. 33, n. 5, p. 1360-1365, nov. 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500023>. Acesso em: 11 jul. 2022.

BATISTA FILHO, A; CRUZ, B. P. B. Controle Microbiano das Pragas da Soja. Fundação Cargill. In: BASTOS CRUZ, B. P. **Pragas das Culturas e Controle Biológico**. Campinas, 1988, cap 4, p. 61-67.

BETTIOL, W; DE FARIA, M. R.; DO LAGO, L; FERREIRA, T. C.; PACÍFICO, M. G.; SILVA, L. G.; Potencial de *Bacillus* spp. em promover o crescimento e controlar *Fusarium verticillioides* em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 4, p.

195-203, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-5405/241384>>. Acesso em: 12 Jul. 2022.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de Doença de Plantas: Uso e Perspectivas**. 1. ed. Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341 p. ISBN 978-85-85771-48-5.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds: **Physiology of development and germination**. 2.ed., New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília,DF: MAPA/ACS, 2009. p. 395.

BINSFELD, J. A. et al.. **Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 1, p. 88–94, jan. 2014.

Braga Junior, G.M.; Colonia, B.S.O.; Chagas, L.F.B.; Scheidt, G.N.; Miller, L.O. & Chagas Junior, A.F. **Soybean growth promotion and phosphate solubilization by *Bacillus subtilis* strains in greenhouse**. International Journal of Current Research, vol. 9, n. 5, p. 50914-50918, 2017.

Braga Junior, G.M.; Chagas, L.F.B.; Amaral, L.R.O.; Miller, L.O.; Chagas Junior, A.F. **Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 13, n. 4, art. e5571., 2018.

CARVALHO N. M. & NAKAGAWA J.. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP. 588p. 2012

CASTRO, G.S.A. et al. **Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.10, p.1311-1318, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n10/08.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

CAVALCANTE, JA et al.. **Vigor e metabolismo anaeróbico de sementes de soja avaliados pelo teste de etanol**. Journal of Seed Science , v. 45, p. e202345007, 2023.

CICERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção e balanço de oferta e demanda de grãos 2024/25**. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 11 Jan. 2025.

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da**

- soja no Brasil: Histórico e Contribuições.** 1. ed. Embrapa Soja: [s. n.], 2016. 73 p. ISBN 978-85-7035-558-4. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142568/1/Livro-EmbrapaSoja-desenvolvimento-BR-OL.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- DAMETO, L. S.; DE SÁ, M. E.; GALINDO, F. S.; SIMÕES, I.; TAVANTI, R. F. R.; TAVANTI, T. R.; **Yield and quality of soybean seeds inoculated with *Bacillus subtilis* strains.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, n. 1, p. 65-71, 09 Dec. 2019. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p65-71>. Acesso em: 12 Jul. 2022.
- EMBRAPA. **Circular Técnica 56: Teste de tetrazólio em semente de soja com condicionamento abreviado - Série Sementes.** 2008.
Embrapa Soja: Cultivos. **História da Soja.** Disponível em:
<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- EMBRAPA SOJA (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1999/2000.** Londrina, 1999. 226p. (Embrapa Soja. Documentos, 132; Embrapa Agropecuária Oeste, 5).
- FACULDADE E ESCOLA CURSO DE ADMINISTRAÇÃO. **A Importância da Soja para o Agronegócio: Uma Análise Sob o Enfoque do Aumento da Produção de Agricultores no Município de Santa Cecília do Sul.** Rio Grande do Sul, 2022.
Disponível em:
<<https://www.fatrs.com.br/faculdade/uploads/tcc/d464ec1e2f2c450aa33bb0e990b54878.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- FRANÇA-NETO, J.B. *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade.** 1. ed. Londrina: Embrapa Soja: [s. n.], 2016. 84 p. ISBN 2176-2937 ; n.380.
- FREITAS, K. S.; SILVA, P. U.; TREVISAN, V. P.; FRONZA, R. T. L.; BORTOLIN, J. O.; STRECK, E. A. **Vigor e tratamento de sementes no desempenho agrônomo da aveia preta.** Scientiatec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do Ifrs, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 2, p. 83-96, jul. 2022.
- GALLI, J. A.; PANIZZI, R. C.; VIEIRA, R. D. **Efeito de *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Phomopsis sojae* na qualidade sanitária e fisiológica nas sementes de soja.** Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 40-46, 2007.

GOMES, D. P.; BARROZO, L. M.; SOUZA, A. L.; SADER, R.; SILVA, G.C.. **Efeito do vigor e do tratamento fungicida nos testes de germinação e de sanidade de sementes de soja**. Biosci. J., Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 59-65, nov. 2009.

GOULART, A.C.P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**.

Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. 58p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 11)

GOULART, A.C.P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle** / Augusto César Pereira Goulart. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 72 p. : il. col. ; 22 cm.

GOULART, A. C. P. **Fungos em Sementes de Soja: Detecção, Importância e Controle**. 2. ed. rev. e aum. Brasília: Embrapa: 2018. 74 p.

HENNEBERG, L. FILHO, D.S.J.; RUARO, L.; PANOBIANCO, M. **Efficiency of methods to detect *Sclerotinia sclerotiorum* in commercial soybean seed lots**.

Revista Brasileira de Sementes, Londrina, vol.34,n.1, 2012.

Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222012000100008. Acesso em: 02.Jun.2022.

HENNING, A.A. **Patologia de Sementes Londrina**: EMBRAPA - CNPSo, 1994. 43p. (EMBRAPA - CNPSo / Documento 90).

HENNING, F. A. et al.. **Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor**. Bragantia, v. 69, n. 3, p. 727–734, 2010.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Agricultura: Evolução e Importância para a Balança Comercial Brasileira**. Brasília: IPEA, 2014. (Texto para Discussão, n. 1944). Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3031/1/TD_1944.pdf. Acesso em: 25 set. 2024.

ISHIKAWA, M. S. et al.. **Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*)**. Summa Phytopathologica, v. 44, n. 1, p. 38–44, jan. 2018.

KROHN, N. G.; MALAVASI, M. M. **Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicidas durante e após o armazenamento**. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v. 26, n. 2, p. 91-97, 2004.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.. **Trabalho Técnico: Vigor de Sementes**, Londrina: Informativo Abrates, v. 11, ed. 3, Dezembro 2001.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.. **A alta qualidade da semente de soja**: fator importante para a produção da cultura. Circular Técnica 136, Londrina: Embrapa, p. 2-24, Maio 2018.

Lima, F.F.. **Bacillus subtilis e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**. Dissertação de Mestrado. Teresina, Universidade Federal do Piauí. 52 p., 2010

LOURO, A.; DOS SANTOS, R.; FERREIRA, C. E.; SILVA, R.; CARVALHO, V.; DE SOUSA, T. P.. **Uso de Bacillus subtilis no incremento da produção na cultura da soja**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2024, Rio de Janeiro. Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2024, v. 19, n. 1, p. 1-6, MACHADO, J. da C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE, 2000. 138p.

MARCOS FILHO, J. **Conceitos e testes de vigor para sementes de soja**. CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1999. p.220-226, 1999a. Anais... p.220-226, 1999a

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. D.. **Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens**. Revista Brasileira de Sementes, v. 31, n. 1, p. 102–112, 2009.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. ISBN 978-85-64895-03-4.

MARCOS FILHO, J.; KIKUT, A.L.P.; LIMA, L.B.; **Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens**. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, vol.31, n.1, p.102-112, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n1/a12v31n1.pdf>. Acesso em: 01.Jun.2022

MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor**: importância e utilização. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. et al. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.1.1-1.21.

MARCOS, J. S.. **Vigor testing**: an overview of the past, present and future perspective. Scientia Agricola, v. 72, n. 4, p. 363-37 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>. ISSN 1678-992X.

MELO, T. A. de .; NASCIMENTO, I. T. V. da S. do .; SERRA, I. M. R. de S. . **The Bacillus genus applied to the biological control of plant diseases**. Research,

Society and Development, v. 10, n. 9, 2021. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17817>. Acesso em: 5 jul. 2022.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D.. **Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja**. Ciência Rural, v. 39, n. 1, p. 13–18, jan. 2009.

MILLER, J. D. **Fungi and mycotoxins in grain**: implications for stored product research. Journal Stored Products Research, Great Britain, v. 31, n. 1, p. 1-16, 1995.

MOORE, R.P. **Handbook on tetrazolium testing Zurich**: International Seed Testing Association , 1985. 99p.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B.C.F.; SILVA, S.R.S.; GRANJAB, J.A.A.; ALVES, M.C.J.L.; POMPELLI, M.F. **Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging**. Industrial Crops and Products, v.44, p.684-690, 2013.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. **Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.

Motta I. S.; Braccini A. L. B.; Scapim CA; Gonçalves A. C. A.; Braccini M. C. L.; Ávila M. R.. **Qualidade fisiológica de sementes de soja provenientes de diferentes épocas de semeadura**. Revista Brasileira de Sementes, 22:257-267, 2000

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In:

KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24

NASCENTE, A. S.; FILLIPI, M. C.; LANNA, A. C.; SOUZA, V. L.; SILVA, L.; SILVA, G. B. **Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters**. Environmental Science Pollution Research, Springer Natures, v.24, p.2956-2965, 2017a. Acesso em: 09 Jul. 2022.

OLIVEIRA, A.C.S.; MARTINS. G.N.; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D. **Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas**. Revista Científica Internacional, v.2, p.1-21, n.4, 2009.

<http://www.interscienceplace.org/interscienceplace/article/view/37/43>

ROCHA, F. S. *et al.* **Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2895-2904, 30 nov. 2014. Disponível em:

https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/12201/pdf_515.

Acesso em: 30 nov. 2024.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B.. **Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja**. 3. ed. Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2017. 215-222 p. v. 60.

SADEGHI, H. KHAZAEI, F.; YARI, L.; SHEIDAEI, S. **Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean**. Journal of Agricultural and Biological Science, Sari, vol.6, n.1, 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/265893247_Effect_of_seed_osmopriming_on_seed_germination_behavior_and_vigor_of_soybean_Glycine_max_L. Acesso em: 10Abr.2020.;

SANTOS, J. M. R.. **Trichoderma in the promotion of growth and nutrition of dwarf cashew rootstock**. Revista Ciência Agronômica, v. 52, n. 4, e20207697, 27 Sept. 2021. ISSN 1806-6690. DOI 10.5935/1806-6690.20210053. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210053>. Acesso em: 11 Jul. 2022.

SANTOS, S. DE O. et al.. **Bacillus sp., fertilization forms, and salt stress on soybean production**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 28, n. 4, p. e279072, abr. 2024.

SEIXAS, C. D. S. *et al.* **Sistemas de Produção: Tecnologias de produção de soja**. 17. ed. Embrapa Soja: [s. n.], Junho 2020. 348 p. ISBN 2176-2902. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2024.

SILVEIRA, M.A. et al. **Comparação de métodos para avaliação da qualidade fisiológica em sementes de calêndula**. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v.24, n.2, p.24-30, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v24n2/v24n2a05.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N.. **Tecnologia e Produção: Soja 2013/2014: Controle Biológico de Insetos-Pragas na Soja**. Embrapa: [s. n.], 2014. 178-193 p. v. 8.

TANAKA, M. A. S. **Sobrevivência de *Fusarium* moniliforme em sementes de milho mantidas em duas condições de armazenamento**. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 26, n. 1, p. 60-64, 2001.

TAVARES, L. C.; MENDONÇA, A. O.; ZANATTA, Z. C. N.; BRUNES, A. P.; VILLELA, F. A.. **Efeito de fungicidas e inseticidas via tratamento de sementes sobre o desenvolvimento inicial da soja**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, 10 (18), 1400-1409, 2014.

THRONEBERRY, G.O.; SMITH, F.G. **Relation of respiratory and enzymatic activity to corn seed viability**. Plant Physiology, v.30, n.4, p.337-343, 1955.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Laboratório de Análise de Sementes. **A semente e a sua germinação**. Santa Maria, 2024. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/laboratorios/sementes/a-semente-e-sua-germinacao#:~:text=A%20germina%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20o%20processo,de%20umidade%20C%20temperatura%20e%20oxig%C3%AAnio>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. S.; DA SILVA, A. C. T. M.; NAKAGAWA, J. **Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja**. Revista Brasileira de Sementes. Brasília, vol. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. **Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo**. Revista Brasileira de Sementes. Brasília, v. 24, n.1, p.33-41, 2002.

VIEIRA, B.G.T L.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; NETO, J.B.F.; **Alternative procedure for the cold test for soybean seeds**. Scientia Agricola, Piracicaba, vol.67, n.5, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v67n5/v67n5a07.pdf>. Acesso em: 05.Jun.2022.

Vieira E. L. & Castro P. R. C..**Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja**. Revista Brasileira de Sementes, 23:222-228, 2001

WENDT, L.; MALAVASI, M. M.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; GOMES JUNIOR, F. G.. **Relações entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias , v.12, p.166-171, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5435>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

WETZEL, M.V. da S. Fungos de armazenamento. In: SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. (Ed.). **Patologia de sementes Campinas**: Fundação Cargill, 1987, cap. 12, p. 260-274.