UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

WILLIAM HENTZ RUTSATZ

TRATAMENTOS DE SEMENTES A BASE DE *Bacillus* E *Trichoderma* NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE AVEIA-PRETA E AZEVÉM

CERRO LARGO
2025

WILLIAM HENTZ RUTSATZ

TRATAMENTOS DE SEMENTES A BASE DE *Bacillus* E *Trichoderma* NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE AVEIA-PRETA E AZÉVEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof. Juliane Ludwig

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

, William Hentz Rutsatz
Tratamento de sementes a base de Bacillus e Trichoderma na promoção do crescimento de aveia-preta e azevém / William Hentz Rutsatz . -- 2025.
38 f.:il.

Orientadora: Doutora Juliane Ludwig

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. controle biológico; microrganismos promotores; sustentabilidade; Avena strigosa; Lolium multiflorum. I. Ludwig, Juliane, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

WILLIAM HENTZ RUTSATZ

TRATAMENTOS DE SEMENTES A BASE DE *Bacillus* E *Trichoderma* NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE AVEIA-PRETA E AZÉVEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 03/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
JULIANE LUDWIG
Data: 11/12/2025 14:18:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig – UFFS
Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
SIDINEI ZWICK RADONS
Data: 11/12/2025 21:33:38-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons– UFFS
Avaliador

Documento assinado digitalmente
gov.br
RAISSA SCHWALBERT
Data: 11/12/2025 15:52:17-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Prof.ª Dr. ª Raissa Schwalbert – UFFS
Avaliadora

Dedico este trabalho aos meus pais,
que não pouparam tempo e esforços
para que eu pudesse concluir meus estudos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças, sabedoria e me guiar nessa longa caminhada.

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim, e não pouparam esforços para que essa etapa da minha vida e de meus irmãos fosse possível, oferecendo apoio e paciência durante toda essa jornada. Sem vocês isso não seria possível.

Aos meus professores e a minha orientadora, pela paciência, dedicação e ensinamentos que contribuíram não somente para a realização desse trabalho, mas para a minha formação acadêmica e pessoal.

Aos meus amigos, pela parceria, incentivo e ajuda na realização deste trabalho. A convivência e experiências foram de suma importância para que eu chegasse a esse momento.

A instituição de ensino, pela estrutura oferecida durante todo o curso.

E por fim, a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desse trabalho, meu sincero agradecimento a todos.

RESUMO

A produção animal no Brasil depende fortemente de pastagens, sendo a aveia-preta (Avena strigosa) e o azevém (Lolium multiflorum) forrageiras de inverno cruciais para suprir a escassez de forragem durante o período mais frio. A sanidade e o desenvolvimento inicial dessas culturas podem ser comprometidos por fitopatógenos, o que estimula a busca por alternativas sustentáveis ao controle químico, como o uso de microrganismos promotores de crescimento. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito do uso de produtos biológicos à base de *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 e *Trichoderma asperellum* URM 5911 na promoção do desenvolvimento da aveia-preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*). O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com ensaios em BOD e ambiente semi-controlado, avaliando germinação, IVG, comprimento da parte aérea e radicular e massa seca da parte aérea, analisados por ANOVA e teste de Tukey a 5%. Os resultados mostraram que a espécie vegetal foi o principal fator determinante no desenvolvimento das plântulas: a aveia-preta apresentou maiores índices de germinação, velocidade de emergência, crescimento aéreo e radicular, além de maior acúmulo de biomassa, evidenciando maior desenvolvimento fisiológico em relação ao azevém. Quanto aos tratamentos, observou-se que o *Bacillus amyloliquefaciens* não diferiu estatisticamente da testemunha em nenhuma das variáveis, indicando que sua ação não se expressou de forma significativa na fase inicial. Já o *Trichoderma asperellum* reduziu de maneira consistente o comprimento radicular de ambas as espécies, sugerindo provável efeito inibitório inicial. No ambiente semi-controlado, novamente a aveia-preta apresentou maior massa seca, enquanto nenhum dos bioestimulantes promoveu incremento significativo nessa variável. Conclui-se que, embora o uso de agentes biológicos represente uma estratégia promissora para sistemas sustentáveis, sua eficácia depende fortemente da interação entre espécie vegetal, formulação, concentração e ambiente, sendo que, nesta fase inicial, o desempenho natural das espécies superou o efeito dos bioestimulantes.

Palavras-chaves: controle biológico; microrganismos promotores; sustentabilidade; *Avena strigosa*; *Lolium multiflorum*.

ABSTRACT

Animal production in Brazil is heavily dependent on pastures, with black oat (*Avena strigosa*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*) being crucial winter forage crops to compensate for forage scarcity during the colder period. The health and initial development of these crops can be compromised by phytopathogens, which stimulates the search for sustainable alternatives to chemical control, such as the use of growth-promoting microorganisms. In this context, the objective was to evaluate the effect of using biological products based on *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 and *Trichoderma asperellum* URM 5911 on promoting the development of black oat (*Avena strigosa*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*). The study was conducted in a completely randomized design, with trials in a BOD incubator and a semi-controlled environment, evaluating germination, germination index (GI), shoot and root length, and shoot dry mass, analyzed by ANOVA and Tukey's test at 5%. The results showed that the plant species was the main determining factor in seedling development: black oat presented higher germination rates, emergence speed, aerial and root growth, as well as greater biomass accumulation, evidencing greater physiological development compared to ryegrass. Regarding the treatments, it was observed that *Bacillus amyloliquefaciens* did not differ statistically from the control in any of the variables, indicating that its action was not significantly expressed in the initial phase. *Trichoderma asperellum*, however, consistently reduced the root length of both species, suggesting a probable initial inhibitory effect. In the semi-controlled environment, black oat again showed greater dry mass, while none of the biostimulants promoted a significant increase in this variable. It is concluded that, although the use of biological agents represents a promising strategy for sustainable systems, its effectiveness strongly depends on the interaction between plant species, formulation, concentration, and environment, and that, in this initial phase, the natural performance of the species surpassed the effect of the biostimulants.

Keywords: biological control; growth-promoting microorganisms; sustainability; Avena strigosa; Lolium multiflorum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Bandejas com Aveia e Azevém acondicionadas na estufa 22
Figura 2-Quantidade média de plântulas germinadas de aveia-preta e azevém submetidas a diferentes tratamentos bioestimulantes.....24
Figura 3- Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de aveia-preta e azevém submetidas a diferentes tratamentos bioestimulantes após acondicionadas em BOD. 26
Figura 4- Comprimento da parte aérea (mm) de plântulas de aveia e azevém durante 10 dias (aveia) e 14 dias (azevém) condicionadas em BOD. 27
Figura 5- Comprimento médio radicular (mm) de plântulas de aveia e azevém durante 10 dias (aveia) e 14 dias (azevém) condicionadas em BOD. 28
Figura 6- Comprimento médio radicular (mm) de plântulas de aveia e azevém submetidas ao tratamento de sementes com produtos comerciais a base de *T. asperellum, B. amyloliquefaciens* e a testemunha (sem tratamento), após acondicionadas em BOD..... 29
Figura 7- Massa seca da parte aérea (g) de plântulas de aveia e azevém submetidas a diferentes tratamentos bioestimulantes em ensaio realizado em bandejas de areia em ambiente semi-controlado. 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição dos tratamentos de sementes em aveia-preta e azevém, com a dose e o volume de calda calculados para 100 gramas de sementes de cada cultura. UFFS Campus Cerro Largo, 2025.....20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MS/ha	Matéria Seca por hectare
L/ há	Litros por hectares
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
AIA	Ácido Indolacético
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
PMS	Peso de mil sementes
RAS	Regra de análise de sementes
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
MPS	Matéria Parcialmente Seca
HCl	Ácido clorídrico
MS	Matéria Seca
PGPR	Plant Growth Promoting Rhizobacteria
MPCPs	Microrganismos promotores de crescimento de plantas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 12
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PASTAGENS 12
2.1.1 Aveia-preta 12
2.1.2 Azevém 14
2.2 USO DE MICROORGANISMOS NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS 15
***2.2.1 Trichoderma* 15**
***2.2.2 Bacillus* 16**
2.2.3 Crescimento de plantas mediado por microrganismos 17
3 MATERIAL E MÉTODOS 19
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 19
3.1.1 Preparo das sementes 20
3.2 ENSAIO EM BOD 21
3.2.1 Teste de germinação 21
3.2.2 Altura final das plântulas na germinação 21
3.3 ENSAIO EM AMBIENTE SEMI-CONTROLADO 21
3.3.1 Determinação da Matéria Seca (MS) 22
3.3.2 Análise estatística 23
4 RESULTADOS E DISCUSÃO 24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 32

1 INTRODUÇÃO

A produção animal é um dos pilares da agricultura no Brasil, especialmente os sistemas que dependem de pastagens, as quais servem como a principal fonte de alimentação para os rebanhos (Dias, 2016). No período do inverno, a taxa de crescimento das forrageiras perenes diminui, o que dificulta a oferta adequada de nutrientes. Nessas circunstâncias, plantas como a aveia-preta (*Avena strigosa*) e o azevém (*Lolium multiflorum*) têm se destacado como alternativas muito importantes, pois se adaptam bem ao clima frio, apresentam alta produção de matéria seca e têm um ótimo valor nutricional (Rocha *et al*., 2007)

Por outro lado, a sanidade dessas culturas é muitas vezes afetada pela presença de fitopatógenos, especialmente fungos e nematoides, que prejudicam o desenvolvimento das plantas (Mallmann, 2013). A utilização de produtos químicos para o controle, embora ainda predominante e eficaz, traz riscos ao meio ambiente, pode induzir resistência em organismos-alvo e eleva os custos de produção, o que tem incentivado a procura por soluções mais sustentáveis (Crop life brasil, 2020).

Neste contexto, o controle biológico se destaca como uma abordagem promissora, fazendo uso de microrganismos benéficos como *Trichoderma asperellum* e *Bacillus amyloliquefaciens*, que desempenham papéis tanto na inibição de patógenos quanto na estimulação do crescimento vegetal. Esses organismos possuem diversos mecanismos de ação, incluindo a geração de compostos antimicrobianos, enzimas hidrolíticas e hormônios vegetais, além de fortalecerem a resistência natural das plantas (Chagas *et al*., 2017).

Nos últimos anos, a implementação de agentes biológicos na agricultura tem aumentado, impulsionada por demandas por maior sustentabilidade, diminuição dos impactos ambientais e valorização de práticas agroecológicas. Diante disso, torna-se cada vez mais importante entender a atuação e as vantagens desses microrganismos nas culturas forrageiras, especialmente em sistemas de produção que tentam equilibrar produtividade e responsabilidade ambiental (Crop life brasil, 2020).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito do uso de produtos biológicos a base *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 e *Trichoderma asperellum* isolado URM 5911 na promoção do desenvolvimento da aveia-preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PASTAGENS

Compreende-se por forrageiras, as plantas herbáceas, geralmente anuais ou bienais, que tem por objetivo serem colhidas antes da sua maturação completa, usando-as para a alimentação dos animais in natura, ou seja, colhida e logo em seguida disponibilizada, pastejada ou também usada para a conservação em forma de fenação para a utilização em épocas de menor disponibilidade destas forragem (Moreira, 2002).

As pastagens caracterizam-se como um dos principais pilares no setor de produção leiteira e de corte, sendo composta pela maior parte da dieta dos animais (Embrapa, 2021). Um dos principais períodos de utilização das pastagens é o inverno, e é neste período que muitos produtores se deparam com a principal dificuldade de atender as exigências nutricionais de seus rebanhos, o vazio forrageiro. Para contornar esse problema, uma das principais alternativas é a utilização de pastagens de inverno, as quais proporcionam uma elevada quantidade de matéria seca de qualidade e demais nutrientes sem alterar a qualidade nutricional da dieta e mantendo os níveis na produção de leite (Roso; Restle, 2000).

Entre as alternativas, visando as pastagens de inverno e consequentemente o clima temperado que nossa região se encontra, pode-se optar por pastagens de aveia-preta e azevém, devido a sua elevada produção de forragem (Rocha, *et al*., 2007) e potencial de proteína bruta (Cassol *et al.*, 2011) tornando-as economicamente viáveis aos produtores, principalmente na região sul do país (Alvim,1990).

2.1.1 Aveia-preta

A aveia (*Avena spp.*) é uma gramínea anual de inverno, dividida em diferentes espécies, ploidia e com morfologias e citologias distintas entre cada uma delas (Tavares; Zanettini; Carvalho, 1993). Desde seu surgimento, tem sido um importante alimento para o consumo, tanto na produção de cereais, farinha, sorvete, pão, biscoitos, assim como na produção de bebidas como a cerveja e o leite de aveia (Sots *et al*., 2020). No Brasil, figurou-se entre uma das mais importantes culturas devido às suas características de resistência à seca, tolerância ao alumínio do solo, baixa incidência de doenças, baixo custo de produção, boa alternativa para cobertura de

solo, associado também a uma boa produção de forragem e feno (Machado, 2000 apud Pitol, 1988). Ela desempenha um papel significativo na agricultura, especialmente na região sul do Brasil, onde é cultivada tanto para a produção de grãos quanto para a alimentação animal (Tafernaberri Júnior, 2010). Sua versatilidade agronômica e adaptabilidade a diferentes sistemas de manejo tornam-na uma cultura de importância estratégica.

Por meio da adoção de práticas de manejo adequadas como a aplicação de doses de nitrogênio e frequências de corte, pode-se influenciar na produtividade da aveia. Pesquisas de Primavesi *et al.*, (1993) mostram que a associação desses dois fatores pode potencializar a produção tanto de grãos quanto de forragem e adequar-se ao tipo de solo e condições meteorológicas de cada região geográfica.

No contexto da agricultura familiar, a *Avena strigosa* se destaca por exigir baixo investimento e oferecer retorno econômico viável, sendo uma alternativa eficiente para pequenos e médios produtores. O uso da planta como cobertura vegetal também auxilia na conservação de recursos naturais e na construção de sistemas agropecuários mais resilientes às mudanças climáticas. Em sistemas agroecológicos, ela é, frequentemente, utilizada como adubo verde, contribuindo com a fixação de nutrientes no solo e favorecendo o equilíbrio ecológico (Fontaneli *et al*., 2009). Outra forma de utilização seria em sistemas de manejo de solo, demonstrando sua importância como uma excelente alternativa de rotação de culturas, contribuindo para uma diversificação da área, estruturação e manutenção do solo (Santos *et al*., 2019).

A utilização de aveia-preta como forrageira, é uma das alternativas mais viáveis, economicamente, para produtores que buscam uma alimentação para animais que requerem um alto ganho nutricional (Reis, Rodrigues, Dezem, 1993). Do ponto de vista zootécnico, a aveia é amplamente utilizada na alimentação de ruminantes, equinos e outros animais de criação. Suas folhas e caules são consumidos in natura como forragem ou ensilados, e seus grãos são utilizados como suplemento energético e proteico. O valor nutritivo da aveia é elevado, com boa digestibilidade e teores significativos de proteína bruta, além de conter minerais como cálcio, fósforo e magnésio, essenciais para o bom desempenho animal (Pereira *et al*., 2014). A palatabilidade da aveia é outro fator que favorece seu uso na dieta dos animais, principalmente durante o inverno, quando outras fontes de pasto estão escassas. Além disso, seu cultivo pode ser realizado em consórcio com outras

forrageiras, como azevém e trevos, aumentando a produção de biomassa e a qualidade da forragem (Rosa *et al.,* 2020).

2.1.2 Azevém

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma planta herbácea de inverno que desempenha um papel significativo na agricultura e na nutrição animal, sendo especialmente valorizada em áreas de clima temperado e subtropical. Na prática agrícola, ele se destaca como uma cultura de cobertura altamente eficaz, ajudando a enriquecer a qualidade do solo. Sua habilidade de se adaptar a várias condições climáticas e a sua rápida capacidade de regeneração tornam o azevém uma escolha estratégica para a rotação de culturas e para a preservação da saúde do solo (Oliveira *et al.*, 2014).

Na alimentação animal, o azevém é valorizado por sua alta digestibilidade e valor nutricional. Estudos de Farinatti *et al.*, (2006), demonstram que a massa de lâminas foliares verdes e a oferta de forragem em pastagens de azevém não limitam o consumo pelos animais em pastejo, indicando que a qualidade da forragem é mantida ao longo do ciclo de crescimento da planta.

A utilização do azevém na alimentação de ruminantes mostra resultados positivos como o ganho de peso e eficiência alimentar superiores quando comparado a outras forrageiras. A produção média de massa seca da pastagem de azevém foi de 3.236,6 kg MS ha^{-1}, com uma taxa de crescimento diário de 58,38 kg MS ha^{-1}, evidenciando seu potencial produtivo. A relação folha:colmo favorável do azevém, contribui para uma maior oferta de nutrientes aos animais, especialmente durante períodos críticos de alimentação (Ribeiro *et al*., 2009). A relação folha:colmo é a proporção entre a massa (ou quantidade) de lâminas foliares e a de colmos na forragem. Valores mais altos indicam maior participação de folhas — fração mais digestível e com maior proteína bruta — em relação aos colmos, que têm maior fibra (FDN). Uma relação folha:colmo favorável melhora a qualidade nutritiva, a seleção pelos animais e, em geral, o consumo e a eficiência de uso da pastagem (Rocha *et al*., 2007).

Portanto, o azevém desempenha um papel fundamental na agricultura e na alimentação animal, oferecendo benefícios agronômicos e nutricionais. Sua

versatilidade e alta produtividade fazem dele uma escolha estratégica para sistemas de produção sustentáveis e eficientes.

2.2 USO DE MICROORGANISMOS NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

2.2.1 Trichoderma

O gênero *Trichoderma* é amplamente reconhecido por seu potencial no controle biológico de fitopatógenos e na promoção do crescimento vegetal. Estudos demonstram que diferentes isolados de *Trichoderma* apresentam atividades antagônicas contra diversos patógenos, como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium solani* e *Colletotrichum* spp (Rebelo *et al*., 2017). Esses microrganismos disputam espaço e alimentos, além de se envolver com os agentes patogênicos através de confrontos diretos, ajudando a diminuir a ocorrência de doenças nas plantas (Salvadori *et al.*, 2024).

Especificamente, no que se refere ao controle de patógenos habitantes do solo, trabalhos já realizados evidenciaram o efeito antagônico de isolados de *Trichoderma* sobre o crescimento micelial dos fungos *F. solani* e *S.sclerotiorum,* reduzindo significativamente o crescimento dos patógenos, indicando seu potencial no controle biológico de doenças causadas por esses fungos (Brito *et al*., 2010). Portanto, a utilização de *Trichoderma* na produção agrícola se apresenta como uma opção sustentável, mantendo e/ou diversificando a microflora.

Os fungos do gênero *Trichoderma* atuam de forma multifuncional na rizosfera, combinando mecanismos de biocontrole — competição por espaço e nutrientes, antibiose e micoparasitismo com ação de enzimas hidrolíticas — com efeitos de bioestimulação do crescimento vegetal por meio de solubilização de nutrientes, produção de metabólitos secundários e modulação de vias hormonais de defesa (Guzmán-Guzmán *et al*., 2019). Espécies como *T. asperellum* sintetizam compostos bioativos e voláteis que, simultaneamente, inibem fitopatógenos e estimulam respostas fisiológicas da planta, resultando em maior vigor inicial, crescimento radicular e acúmulo de biomassa (Vinale *et al.,* 2008).

Em diferentes culturas (soja, arroz, milho, feijão-caupi), linhagens de *Trichoderma* têm sido associadas a aumentos de massa seca e eficiência relativa

quando há compatibilização entre cepa, dose e modo de aplicação, e quando o ambiente experimental demanda suas funções como, por exemplo, limitação de nutrientes ou presença de estresse (Kumar, 2020). Além disso, consórcios de *Trichoderma* com outras bactérias ou com múltiplas espécies deste microrganismo podem gerar efeitos aditivos/sinérgicos em nutrição e bioproteção, com desempenho promissor em campo (Kredics *et al*., 2024).

2.2.2 Bacillus

Bactérias do gênero *Bacillus* são rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP) que atuam pela disponibilização de nutrientes — especialmente fósforo — por acidificação, quelação e atividade de fosfatases, produção de sideróforos e melhoria na aquisição de micronutrientes (Saharan; Nehra, 2011). Também sintetizam fitormônios (AIA, citocininas) e enzimas relevantes (ACC-deaminase), favorecendo alongamento radicular, assimilação de água e nutrientes e mitigação de estresses (Spaepen *et al*., 2008).

No biocontrole, *Bacillus* produz lipopeptídeos (iturina, fengicina, surfactina), poliquetídeos e bacteriocinas com ação antifúngica/antibacteriana, forma biofilme estável e pode induzir resistência sistêmica (ISR) (Asari *et al*., 2017). Em soja, diferentes isolados de *B. subtilis* demonstraram solubilizar fósforo in vitro e incrementar biomassa da parte aérea e da raiz em avaliações aos 30 e 52 dias, sem prejuízo da nodulação quando co-inoculados com *Bradyrhizobium* (Chagas Junior *et al*., 2022). *B. amyloliquefaciens* destaca-se, adicionalmente, por vias de produção de auxinas que estimulam o crescimento radicular e a absorção de nutrientes (Asari *et al*., 2017).

O gênero *Bacillus* tem se mostrado uma alternativa sustentável para o controle de patógenos de plantas, habitantes do solo e também no estímulo ao desenvolvimento vegetal. Várias espécies de Bacillus, como *B. subtilis, B. velezensis, B. amyloliquefaciens* e *B. licheniformis*, têm sido extensivamente pesquisadas e utilizadas devido às suas características vantajosas (Kumar *et al*., 2019).

Os procariotos deste gênero têm se mostrado eficientes na promoção do crescimento vegetal em diversas culturas, como em algodão (*Gossypium hirsutum*), onde foram utilizados diferentes isolados de *Bacillus* com destaque para *B. subtilis*,

que promoveu elevação na altura das plantas, aumento do nível de clorofila e da massa seca, bem como *B. amyloliquefaciens* que promoveu a absorção de fósforo pelas raízes (Diaz, 2018). Em arroz (*Oryza sativa*), o uso de espécies de Bacillus resultou em um aumento na altura da parte aérea, no comprimento das raízes e no peso da biomassa seca das plantas (Stolte, 2019).

Essas pesquisas mostram que as espécies de *Bacillus* são recursos importantes na agricultura, proporcionando métodos eficientes e sustentáveis para estimular o desenvolvimento das plantas.

2.2.3 Crescimento de plantas mediado por microrganismos

No contexto agronômico, o crescimento vegetal pode ser conceituado como o aumento irreversível de tamanho e de massa das plantas ao longo do tempo — decorrente de processos coordenados de divisão celular (meristemas), expansão celular (alongamento), síntese e acúmulo de biomassa (assimilados), além de diferenciação tecidual — que se manifesta em parâmetros mensuráveis como altura, comprimento de raiz, área foliar e massa seca da parte aérea e das raízes. Esse fenômeno resulta da interação entre fatores genéticos e ambientais (luz, temperatura, água, nutrientes), sendo regulado por fitormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, e modulado por relações fonte-dreno que determinam o suprimento de fotoassimilados para órgãos em crescimento (Ties; Zeiger., 2017).

Os microrganismos do solo que beneficiam as plantas, têm sido objeto de extensas pesquisas devido à sua importância na promoção do crescimento das plantas e na agricultura de maneira sustentável. Esses organismos têm a capacidade de liberar diversos compostos bioativos que impactam as plantas tanto de maneira direta quanto indireta, estimulando seu desenvolvimento e elevando sua resistência a estresses bióticos e abióticos (Fernandes, 2014).

Esses compostos englobam agentes antimicrobianos, compostos orgânicos voláteis (COV), enzimas que realizam hidrólise, os quais são fundamentais para defender as plantas de patógenos e estimular seu crescimento. Uma pesquisa realizada por Schuster-Russiano *et al.* (2024) verificou isso ao examinar a emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) por linhagens de *B. velezensis, T. asperellum* e *T. harzianum*, além de sua eficácia no combate a fitopatógenos como *Fusarium*

tucumaniae, *S. sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani.* Os resultados obtidos mostraram que *B. velezensis* conseguiu diminuir significativamente o desenvolvimento dos patógenos ao liberar COVs, enquanto os grupos de *Trichoderma* não demonstraram nenhum controle. Essa descoberta indica que os COVs gerados por *Bacillus* possuem um papel crucial na inibição do crescimento de patógenos e na saúde das plantas.

Outros desses compostos, são os fitohormônios, como o ácido indolacético (AIA), que é responsável por regular tanto o alongamento das células quanto a formação de raízes, além de ácidos orgânicos que ajudam na solubilização de nutrientes essenciais. O uso de isolados de *B. subtilis* em soja, proporcionou aumento na solubilização de fosfato e produção de AIA, resultando em aumento significativo da biomassa de plantas além do aumento do número e peso dos nódulos (Chagas Junior *et al*., 2022).

Com relação aos COVs gerados por *Trichoderma,* estudo realizado por Kredics *et al.* (2024) investigou a geração de enzimas que degradam a parede celular, por parte desse biocontrolador, enfatizando sua habilidade de degradar quitina, lignina, celulose e hemicelulose mediante a liberação de enzimas extracelulares, levando-o a uma vantagem na disputa com organismos patogênicos. Além disso, *Trichoderma* pode produzir COVs que induzem respostas de defesa nas plantas hospedeiras, como observado em estudos por Lee *et al.* (2016) onde investigaram a produção desses compostos por diversas cepas de *Trichoderma* e seu efeito no crescimento de plantas como *Arabidopsis* e tomate *(Solanum lycopersicum),* chegando aos resultados de aumento da biomassa das plantas de até 41,6% e do conteúdo de clorofila em até 89,3%.

Portanto, podemos definir que, enquanto o *Bacillus* concentra-se na liberação de compostos orgânicos voláteis e agentes antimicrobianos para combater patógenos, o *Trichoderma* une a geração de enzimas hidrolíticas com a emissão de compostos voláteis que estimulam reações de defesa nas plantas. Essas estratégias fazem desses microrganismos agentes importantes que auxiliam tanto no controle de doenças quanto na promoção de crescimento das plantas

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Cerro Largo, em duas etapas: uma em câmara de germinação (BOD) e outra em ambiente semi-controlado. O delineamento experimental adotado em ambas as etapas foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema bifatorial (2x3), com o Fator A sendo as duas culturas (aveia-preta e azevém) e o Fator B, os três tratamentos biológicos (dois produtos e a testemunha), totalizando 24 unidades experimentais (2 culturas x 3 tratamentos x 4 repetições) para o teste de Matéria Seca e 30 unidades experimentais (2 culturas x 3 tratamentos x 5 repetições) para o teste de germinação.

Foram utilizadas sementes de aveia-preta (cultivar Embrapa 139) e azevém (cultivar BRS Ponteio), adquiridas no comércio local. Os tratamentos consistiram na aplicação de dois produtos biológicos comerciais e um controle (testemunha), conforme detalhado na Tabela 1.

O produto biológico à base de *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 (produto comercial No-Nema) é uma suspensão concentrada (SC) com concentração mínima de 3,0109 UFC/mL. O produto à base de *Trichoderma asperellum* URM 5911 (produto comercial Organic WP) é um pó molhável (WP) com concentração mínima de 11010 UFC/g.

Tabela 1- Descrição dos tratamentos de sementes em aveia-preta e azevém, com a dose e o volume de calda calculados para 100 gramas de sementes de cada cultura. UFFS *Campus* Cerro Largo, 2025.

Tratamento	Ingrediente ativo	Concentração	Dose	Volume de calda
T1	Nenhum (Testemunha)	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
T2	*B.amyloliquefaciens* BV03	3,0 x 10^9 UFC/mL	0,4 ml	0,6 ml
T3	*T. asperellum* URM 591	1 x 10^{10} UFC/g	0,28 g	0,28 g

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3.1.1 Preparo das sementes

Para o tratamento, foram separadas por cultura e tratamento amostras de 100 g de sementes. O procedimento de tratamento de sementes foi realizado de forma distinta para cada produto, visando seguir as recomendações técnicas para cada formulação:

1. **Testemunha (T1):** As sementes foram mantidas sem a aplicação de qualquer produto biológico ou químico.
2. ***B. amyloliquefaciens* BV03 (T2):** O produto comercial No-Nema foi diluído em água destilada para formar uma calda. A dose de 0,4 mL do produto foi adicionada à 0,2 ml de água visando produzir uma calda com um volume final de 0,6 mL, a qual foi aplicada em 100 g de sementes. A aplicação foi realizada em sacos plásticos, onde as sementes foram vigorosamente homogeneizadas para garantir a cobertura uniforme do produto.
3. ***T. asperellum* URM 5911 (T3):** O produto comercial Organic WP, em formulação pó molhável, foi aplicado a seco. A dose de 0,28 g do produto foi pesada em balança analítica de precisão e depositada diretamente sobre 100 g de sementes em sacos plásticos. A homogeneização foi realizada de forma manual e cuidadosa, garantindo que o pó aderisse à superfície das sementes sem a necessidade de adição de água.

Após o tratamento, as sementes foram imediatamente utilizadas para a montagem dos ensaios em BOD e em ambiente semi-controlado.

3.2 ENSAIO EM BOD

3.2.1 Teste de germinação

O teste de germinação seguiu conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), onde foram utilizadas as sementes preparadas previamente e o método de rolo de papel, com 5 repetições. Para isso os papéis foram pesados em uma balança analítica e adicionado 2,5 vezes a quantidade de água em relação ao peso do papel. Após, as sementes de cada cultura foram distribuídas sobre duas folhas deste papel, separadamente, obtendo 50 sementes em cada rolo, totalizando 250 sementes por cultura. As sementes foram cobertas com outro papel germitest e em seguida foram fechadas e depositadas em saco plástico, os quais foram acondicionadas na BOD a uma temperatura de 20°C durante 10 dias para aveia-preta e 14 dias para azevém.

Os rolos foram verificados diariamente e organizado uma tabela com as datas de coleta de dados, repetições e número de sementes germinadas. Posteriormente foi calculado o Índice de Velocidade de Germinação (IVG).

3.2.2 Altura final das plântulas na germinação

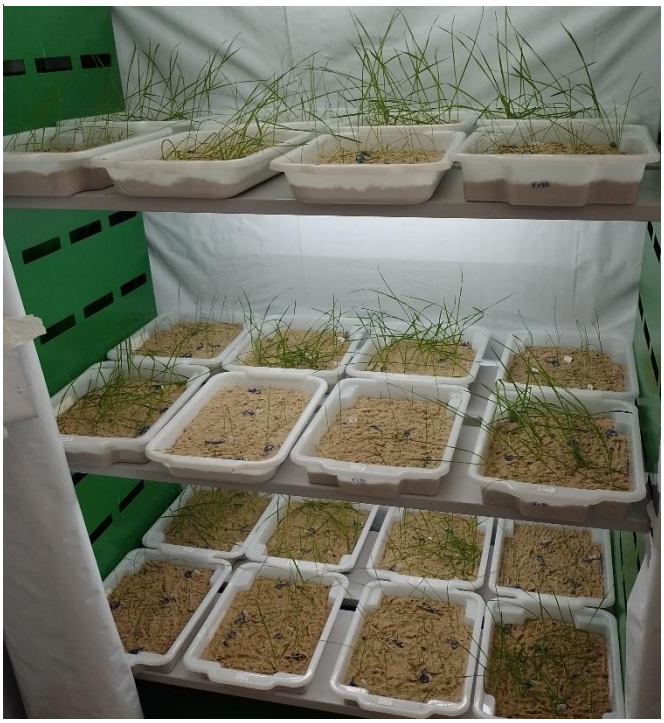
Após corrido o teste de germinação, procedeu-se a medição dessas plântulas, onde utilizou-se o paquímetro digital. As plântulas eram esticadas e realizado a medição dos pontos mais extremos, tanto para a parte aérea como para o sistema radicular, sendo os valores obtidos armazenados em uma planilha para a análise estatística.

3.3 ENSAIO EM AMBIENTE SEMI-CONTROLADO

O ensaio de crescimento das culturas de aveia e azevém foi conduzido em um ambiente semi-controlado, configurado para simular as condições de uma câmara de crescimento e garantir a uniformidade e a reprodutibilidade dos resultados experimentais.

Bandejas preenchidas com areia foram acondicionadas em uma unidade de cultivo adaptada (Figura 1), construída a partir de uma estrutura de prateleiras metálicas com três níveis. Para otimizar o microambiente, a estrutura foi parcialmente revestida com uma lona plástica branca, que atuou como isolante e refletor de luz. A iluminação artificial foi fornecida por lâmpadas de luz branca, dispostas na parte superior de cada nível, visando a máxima uniformidade da irradiância sobre as plantas.

Figura 1-Bandejas com Aveia e Azevém



Fonte: Autor (2025)

3.3.1 Determinação da Matéria Seca (MS)

O experimento foi conduzido em bandejas preenchidas com areia, servindo como substrato inerte para o desenvolvimento das plântulas. As sementes de aveia e azevém foram submetidas previamente aos tratamentos específicos, seguindo o que descreve no item 3.1.1, e, em seguida, depositadas no substrato, a +ou- 2 cm de profundidade.

As bandejas foram acondicionadas sobre prateleira em um local denominado ambiente semi-controlado com a temperatura do ar fixada e monitorada em 20 °C. A umidade do substrato foi mantida constante por meio de irrigações realizadas a cada

um ou dois dias, garantindo que a água não fosse um fator limitante para o desenvolvimento das plântulas.

O período de condução do experimento foi de 28 dias após a semeadura. Ao final deste período, as plântulas foram coletadas para a determinação da biomassa. A coleta consistiu no corte da parte aérea das plântulas, realizado o mais próximo possível da superfície da areia. As amostras de parte aérea de cada tratamento e repetição foram imediatamente acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados.

Para a determinação da massa seca, as amostras foram levadas a uma estufa de ar forçado. O processo de secagem foi realizado a uma temperatura de 50 °C por um período de 72 horas ou até que as amostras atingissem peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão.

3.3.2 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) para testar a hipótese de igualdade das médias dos tratamentos. Quando a ANOVA indicou diferenças significativas, aplicou-se o Teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação múltipla de médias, de acordo com o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

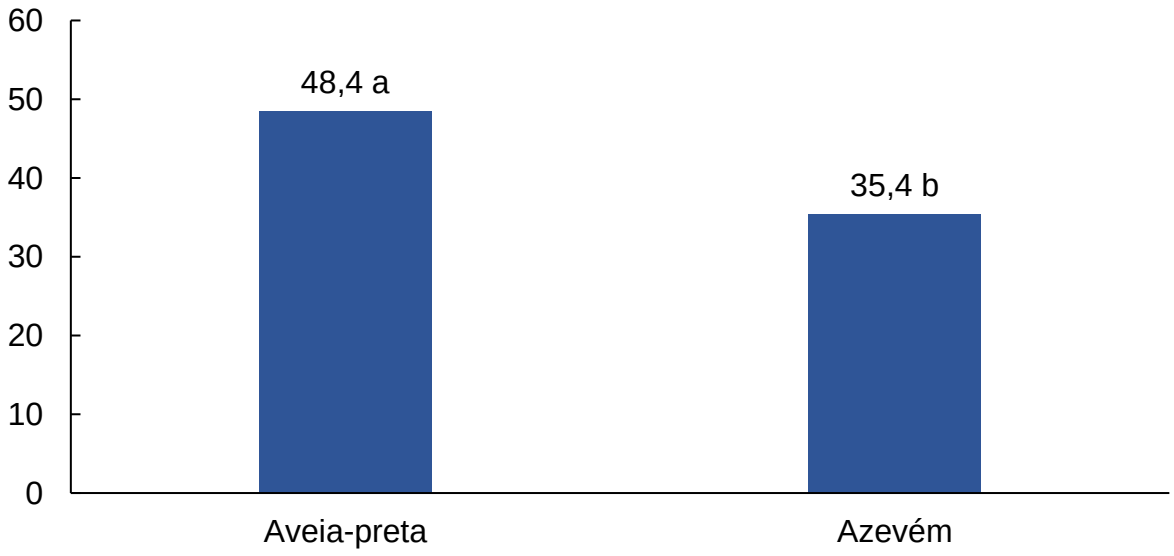
Nas figuras e tabelas, letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Letras iguais indicam ausência de diferença significativa.

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

No que se refere à germinação, os resultados da análise de variância (ANOVA) indicaram um efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para o fator espécie, demonstrando que a espécie vegetal foi determinante para o número de plântulas germinadas. Por outro lado, não foi observado efeito significativo para o fator tratamento ($p=0,7670$) nem para a interação entre planta e tratamento ($p=0,9063$). A ausência de interação significativa indica que os tratamentos com bioestimulantes (ou a ausência deles) tiveram o mesmo comportamento em ambas as espécies vegetais avaliadas.

A cultura da aveia apresentou uma quantidade de plântulas germinadas significativamente superior ao do azevém (Figura 2). A média de emergência da aveia foi, aproximadamente, 37% superior ao do azevém. Estudos de De Pieri (2019), encontrou em seus estudos que lotes de sementes de aveia apresentaram percentuais de germinação superiores a 80%, enquanto lotes de azevém exibiram valores em torno de 47%, mostrando que a aveia possui, em geral, maior vigor e potencial de germinação em comparação ao azevém.

Figura 2-Quantidade média de plântulas germinadas de aveia-preta e azevém submetidas a diferentes tratamentos bioestimulantes.



Médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

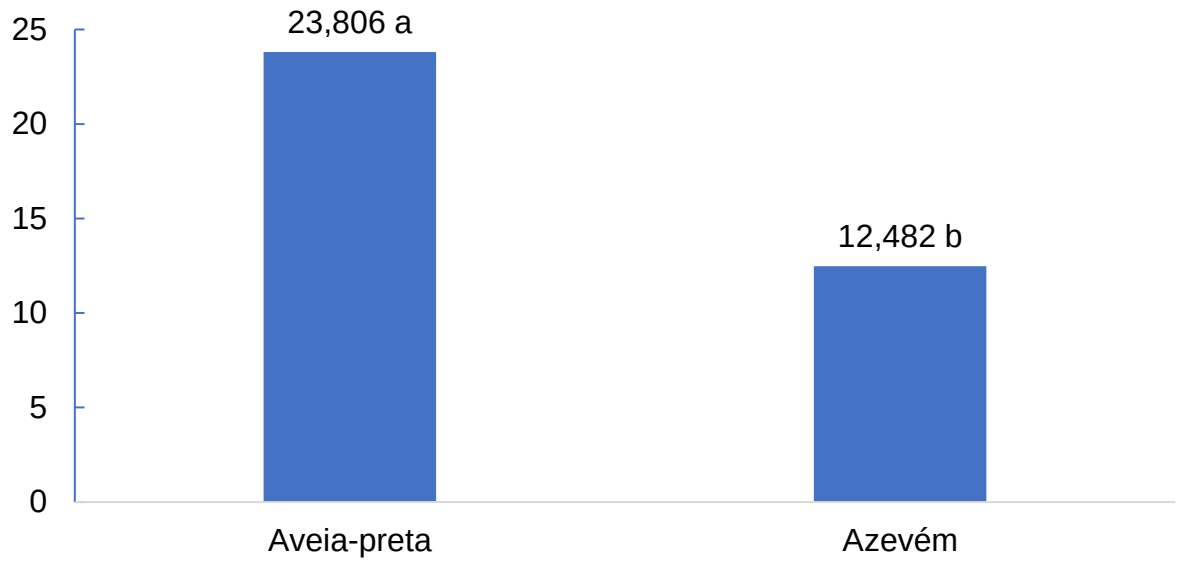
A ausência de resposta significativa aos tratamentos com os produtos comerciais à base de *T. asperellum* e *B. amyloliquefaciens* pode estar relacionado ao baixo impacto que os mecanismos relacionados a promoção de crescimento, mediados por esses biocontroladores, produzem nessa fase inicial de desenvolvimento das plântulas. Cardarelli *et al*. (2022) destacam que os efeitos de bioestimulantes são altamente variáveis e dependem da interação específica entre a cepa microbiana, a espécie vegetal, a qualidade da semente e as condições ambientais, sendo comum que os benefícios desses microrganismos se manifestem de forma mais expressiva em fases posteriores do desenvolvimento vegetal, como no crescimento radicular e no acúmulo de biomassa, e não necessariamente no aumento da germinação.

A análise de variância (ANOVA) para o IVG revelou um efeito altamente significativo ($p < 0,0001$) para o fator planta, enquanto o fator tratamento ($p=0,2015$) e a interação entre os dois fatores ($p=0,5856$) não apresentaram significância estatística.

A aveia-preta apresentou um IVG significativamente superior ao azevém (Figura 3), com uma velocidade de germinação aproximadamente duas vezes maior. Este resultado está em consonância com estudos que demonstram que a influência de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs) no IVG pode ser altamente dependente da cepa, da concentração e das condições ambientais do ensaio (Chagas *et al*., 2017). Em muitos casos, o efeito dos MPCPs é mais pronunciado em fases de crescimento subsequentes, como o desenvolvimento radicular e a produção de biomassa, do que na velocidade inicial de germinação (Rocha *et al*., 2017).

De Pieri *et al*. (2019), ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes de forrageiras de inverno, também constataram que a aveia-preta tende a apresentar maior vigor inicial em comparação com o azevém, reforçando que a diferença observada neste experimento é uma característica biológica dominante das espécies.

Figura 3- Índice de velocidade de germinação (IVG) de aveia-preta e azevém submetidas a diferentes tratamentos bioestimulantes após acondicionadas em BOD.



Médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

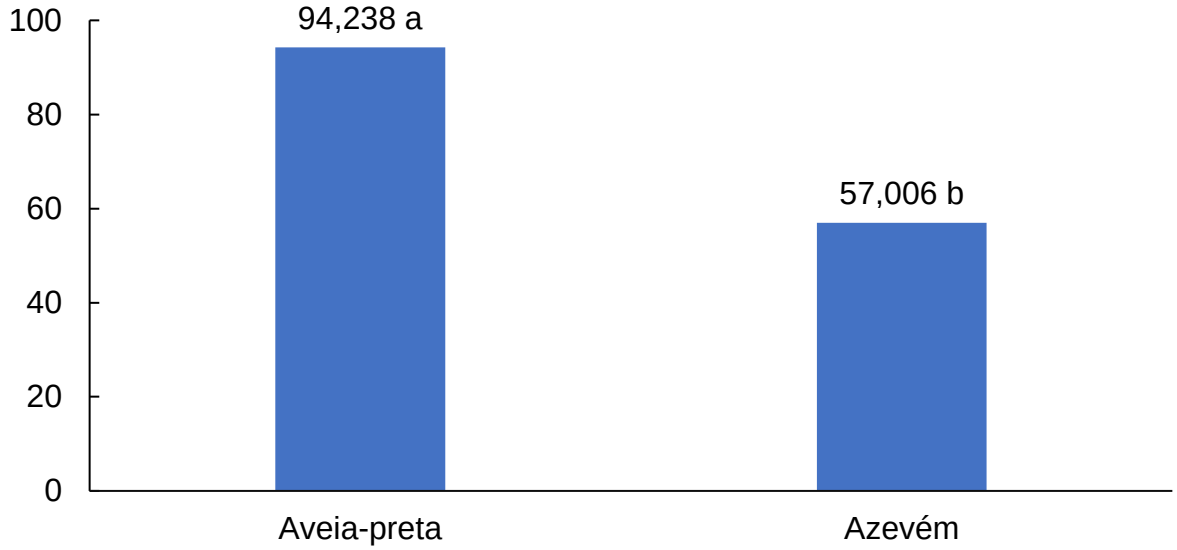
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A análise de variância (ANOVA) para o comprimento da parte aérea revelou que não houve efeito significativo da interação entre os fatores ($p=0,6903$), no entanto foi observado um efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para o fator cultura. O baixo coeficiente de variação (CV = 3,26%) atesta a alta precisão do experimento.

As plântulas de aveia apresentaram um comprimento da parte aérea estatisticamente superior às do azevém (Figura 4), com um comprimento médio aproximadamente 65% maior. Em trabalho de Rocha *et al*., (2007) a aveia apresentou um crescimento inicial consideravelmente mais rápido e vigoroso em comparação ao azevém, que tem um crescimento caracterizado por um desenvolvimento inicial mais lento. Os autores associam essa diferença a uma característica intrínseca das espécies, refletindo distintas estratégias de alocação de recursos nas fases iniciais do desenvolvimento.

A ausência de efeitos significativos relacionados ao uso dos diferentes microorganismos que compõem os produtos comerciais e a testemunha, está relacionado ao fato que a eficácia deste não se sobrepõem, neste estádio inicial da cultura, a diferença genética existente entre a aveia e o azevém.

Figura 4- Comprimento da parte aérea (mm) de plântulas de aveia e azevém durante 10 dias (aveia) e 14 dias (azevém) condicionadas em BOD.



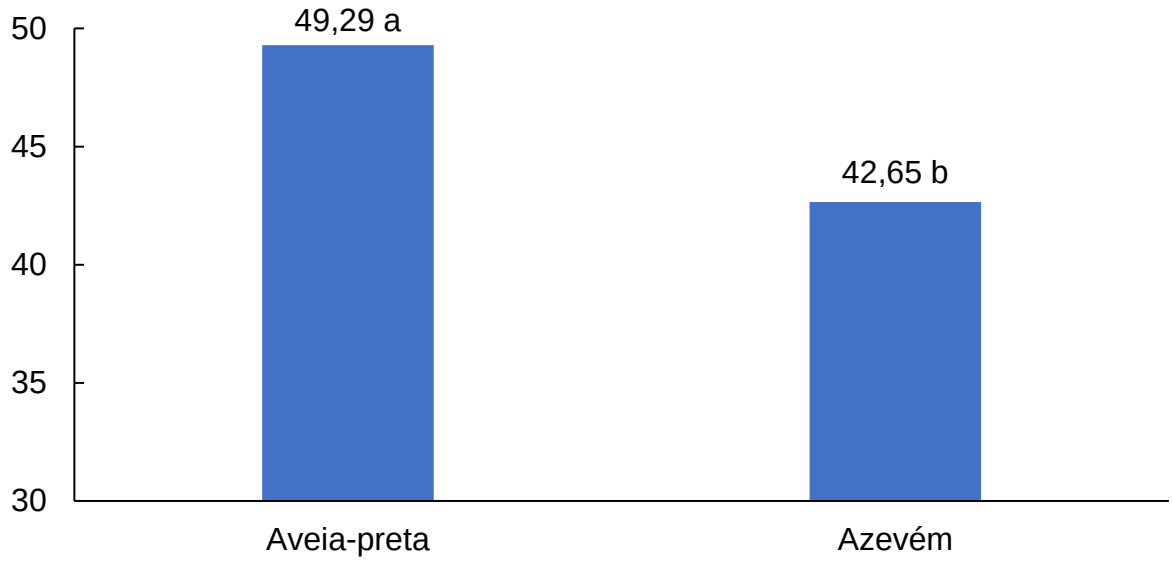
Médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A análise de variância (ANOVA) para o comprimento radicular revelou que tanto o fator planta ($p=0,0038$) quanto o fator tratamento ($p=0,0001$) foram significativos, mas a interação entre eles não foi ($p=0,6610$). O coeficiente de variação (CV) de 9,12% indica uma alta precisão experimental (Gomes, 1985).

As plântulas de aveia desenvolveram maior comprimento médio radicular em relação às de azevém (Figura 5). A aveia, por possuir um maior vigor de sementes e uma taxa de crescimento inicial mais acelerada, tende a desenvolver um sistema radicular mais longo nas fases iniciais, o que é crucial para o estabelecimento da plântula (EMBRAPA, 2006). Embora o azevém seja conhecido por desenvolver um sistema radicular agressivo em fases posteriores, a aveia demonstra superioridade no crescimento radicular inicial (PIAZZETTA *et al*.; 2014).

Figura 5- Comprimento médio radicular (mm) de plântulas de aveia e azevém durante 10 dias (aveia) e 14 dias (azevém) condicionadas em BOD.

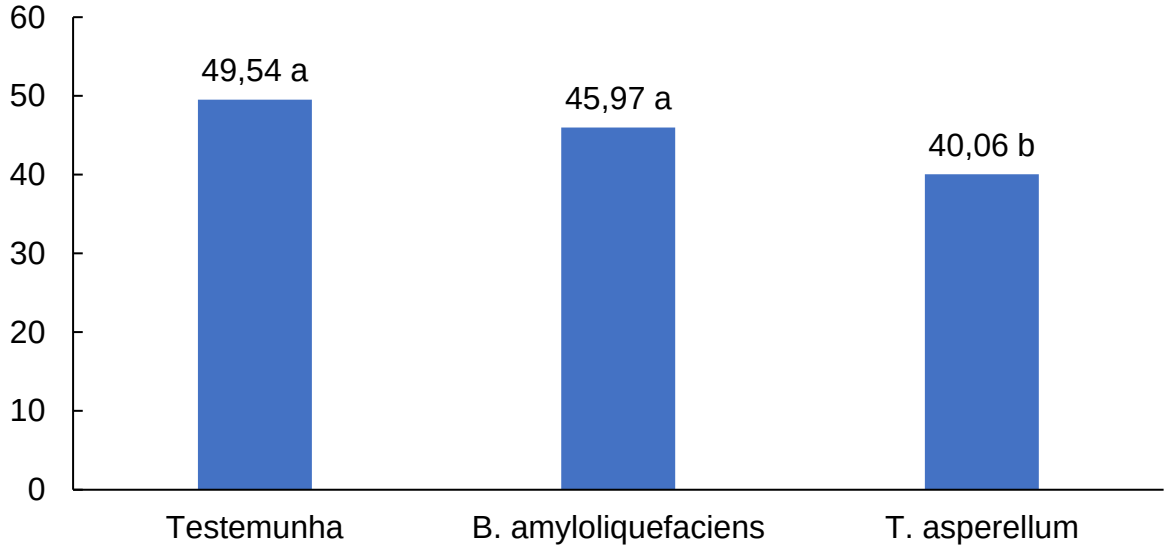


Médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente entre sí pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Em relação ao efeito dos diferentes produtos comerciais à base de *Trichoderma* e *Bacillus* no crescimento radicular (Figura 6), foi observado que o maior crescimento radicular ocorreu nas plântulas do tratamento testemunha, o qual não diferiu significativamente das que foram tratadas com o produto comercial a base de *Bacillus*. O tratamento que mostrou os resultados inferiores foi na utilização do produto comercial a base de *Trichoderma*. Embora o gênero *Trichoderma* seja amplamente reconhecido como promotor de crescimento vegetal (Chagas *et al*.; 2017), a literatura também reporta casos em que certas cepas ou altas concentrações podem ser deletérias para o desenvolvimento inicial das plântulas, especialmente para o crescimento da raiz e desenvolvimento inicial das plântulas (Lima, 2020).

Figura 6-Comprimento médio radicular (mm) de plântulas de aveia e azevém submetidas ao tratamento de sementes com produtos comerciais a base de *T. asperellum, B. amyloliquefaciens* e a testemunha (sem tratamento), após acondicionadas em BOD.



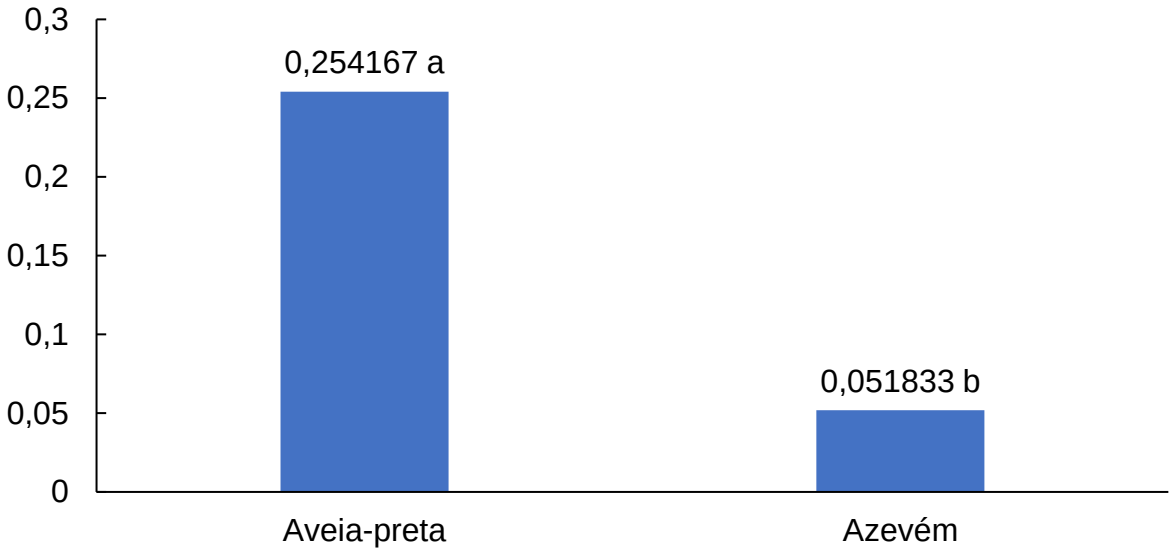
Médias seguidas de letras diferentes, diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No ensaio realizado em ambiente semi-controlado, para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA), na análise de variância (ANOVA) fator espécie foi altamente significativo (p<0,0001), enquanto o fator tratamento (p=0,5397) e a interação (p=0,2689) não apresentaram significância estatística. O coeficiente de variação (CV) de 16,74% indica uma variabilidade considerável nos dados de MSPA, o que é comum em variáveis de biomassa.

A aveia demonstrou um acúmulo de MSPA significativamente superior ao do azevém (Figura 7). Essa diferença é um reflexo da taxa de crescimento inicial mais rápida da aveia, conforme já observado nas variáveis de emergência e comprimento da parte aérea (EMBRAPA, 2006). A aveia, sendo uma forrageira de crescimento inicial mais agressivo, aloca mais recursos para o desenvolvimento da parte aérea nas fases iniciais, resultando em maior acúmulo de biomassa seca em um curto período de tempo (CASSOL *et al*., 2011).

Figura 7- Massa seca da parte aérea (g) de plântulas de aveia e azevém submetidas a diferentes tratamentos bioestimulantes em ensaio realizado em bandejas de areia em ambiente semi-controlado.



Média seguidas de letras diferentes, diiferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O uso dos produtos comerciais à base de *T. asperellum* ou de *B. amyloliquefaciens* não promoveram um aumento significativo na MSPA em nenhuma das culturas testadas, sugerindo que, nas condições do experimento e no estádio fenológico que as plantas foram avaliadas, os microrganismos não exerceram um efeito promotor de crescimento detectável frente a essa variável. Estudos de Chagas *et al*. (2017) demonstram que o efeito promotor de crescimento de *Bacillus* e *Trichoderma* no acúmulo de biomassa é mais pronunciado em avaliações realizadas em fases mais avançadas do desenvolvimento (após 20 ou 40 dias após a emergência). A avaliação precoce pode não ter permitido tempo suficiente para que os mecanismos de promoção de crescimento, como a solubilização de nutrientes ou a produção de fitormônios, gerassem um aumento significativo sobre essa variável (Santoyo *et al*., 2024).

Ademais, em ambientes controlados e em material inerte, o potencial genético da planta tende a se manifestar plenamente, mascarando os efeitos dos bioestimulantes que poderiam ser mais evidentes em condições de estresse (hídrico, nutricional ou biótico) (Santos *et al*., 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados obtidos neste estudo demonstrou que o principal fator a influenciar o desenvolvimento inicial das forrageiras de inverno avaliadas foi a espécie vegetal (fator planta), e não o tratamento de sementes com os produtos comerciais a base de *B. amyloliquefaciens* e *T. asperellum*. O fator planta foi altamente significativo para a maioria das variáveis analisadas, com a aveia-preta apresentando consistentemente um desempenho superior ao azevém, independentemente do tratamento aplicado. Isso ressalta as diferenças na germinação e crescimento inicial entre as duas espécies, sendo a aveia-preta mais desenvolvida nesta fase. No que se refere ao fator tratamento, a maioria das variáveis não apresentou diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos com *B. amyloliquefaciens* e *T. asperellum*. Em suma, embora o uso de *B. amyloliquefaciens* e *T. asperellum* seja uma alternativa promissora, os resultados deste trabalho indicam que a diferença genética entre as espécies (aveia-preta vs. azevém) é o elemento dominante no desenvolvimento inicial. A aplicação de *B. amyloliquefaciens* não se diferenciou da testemunha, e o *T. asperellum* apresentou um efeito negativo no desenvolvimento radicular. Portanto, estudos futuros devem focar na otimização da estirpe e da dosagem dos agentes biológicos para que o fator tratamento possa superar a variação característica do fator planta e promover benefícios estatisticamente comprovados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASARI, S.; TARKOWSKÁ, D.; ROLČÍK, J.; NOVÁK, O.; PALMERO, DV; BEJAI, S.; MEIJER, J. (2017). Análise das propriedades promotoras do crescimento vegetal de *Bacillus amyloliquefaciens* UCMB5113 utilizando *Arabidopsis thaliana* como planta hospedeira. **Planta**, 245(1), 15–30. https://doi.org/10.1007/s00425-016-2580-9

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 6. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2018.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p. ASIL. Ministério da Agricultura

BRITO, F. S.; MILLER, P. R. M.; STADNIK, M. J. Presença de *Trichoderma spp*. em composto e suas características para o controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 43–53, 2010.

CARDARELLI, M. et al. Seed Treatments with Microorganisms Can Have a Biostimulant Effect by Influencing Germination and Seedling Growth of Crops. **Plants**, Basel, v. 11, n. 3, p. 259, 2022.

CARVALHO et al. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2019.

CASSOL, L. C. et al. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 339-345, 2011.

CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; SOARES, A. B.; ASSMANN, A. L. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, p. 438–443, ago. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000400006. Acesso em: 25 nov. 2025.

CHAGAS, L. F. B.; LOPES, A. C. A.; LIMA, L. S.; LIMA, R. A. Microrganismos promotores de crescimento de plantas: mecanismos de ação e potencial de uso. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 101-110, 2017.

CHAGAS, L. F. B. et al. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-21, 2017.

CHAGAS, L. F. B. et al. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017.

CHAGAS, A.F.J.; BRAGA, G.M. J.; LIMA, C.A.; MARTINS, A.L.L.; SOUZA, M.C.; CHAGAS, LFB (2022). *Bacillus subtilis* como inoculante promotor do crescimento vegetal em soja. **Diversity Journal**, 7(1), 1–16. https://doi.org/10.17048/dj.v7i1.2071

CORDEIRO, J. C. S.; MENDES, J. L.; PIRES, F. M. Respostas fisiológicas de trigo inoculado com *Trichoderma harzianum* em estágios iniciais de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 57, e02941, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.e02941. Acesso em: 25 nov. 2025.

CROP LIFE BRASIL. Produtos biológicos: Brasil lidera mercado global com adoção crescente. São Paulo: **CropLife Brasil**, 2020. Disponível em: https://croplifebrasil.org/produtos-biologicos-brasil-lidera-mercado-global-com-adocao-crescente/ Acesso em: 07 dez. 2025

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Uso de pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: passado, presente e futuro. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2016. (Documentos, 418). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042092/1/DOCUMENTOS418.pdf Acesso em: 07 dez. 2025.

DIAZ, P. A. E. ***Bacillus spp.*** **como promotores de crescimento na cultura do algodão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/153201. Acesso em: 22 abr. 2025.

EMBRAPA. **Aveia e azevém: opções que garantem alimentação.** Cruz Alta: Embrapa Trigo, 2006. (Comunicado Técnico Online, 257).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* e híbridos. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/191226/1/bp2261208.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

FARINATTI, L. H. E. et al. Desempenho de ovinos recebendo suplementos ou mantidos exclusivamente em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum Lam*.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 527–534, abr. 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000200027. Acesso em: 25 nov. 2025.

FERREIRA, D. F. **Estatística experimental aplicada às ciências agrárias**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2014.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 12. **Ed. Piracicaba**: Livraria Nobel, 1985. 467 p.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; PORRAS-TRONCOSO, M.D.; OLMEDO-MONFIL, V.; HERRERA-ESTRELLA, A. (2019). Espécies de *Trichoderma*: Simbiontes vegetais versáteis. **Fitopatologia**, 109(1), 6–16. https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW.

KHAN, N. et al. The role of *Bacillus spp*. in promoting plant growth and biocontrol. **Microbiological Research**, v. 231, 126373, 2020.

KREDICS, L.; BÜCHNER, R.; BALÁZS, D.; ALLAGA, H.; KEDVES, O.; RACIĆ, G.; VARGA, A.; NAGY, V. D.; VÁGVÖLGYI, C.; SIPOS, G. Recent advances in the use of *Trichoderma*-containing multicomponent microbial inoculants for pathogen control and plant growth promotion**. World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 40, n. 5, p. 162, 2024. DOI: 10.1007/s11274-024-03965-5.

KUMAR, A. (2020). Rizobactérias promotoras do crescimento vegetal: estratégias para melhorar os estresses abióticos na agricultura sustentável. **Journal of Plant Nutrition**, 42(12), 1435–1447. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1616757

KUMAR, A.; J. S. P.; V. S. M.; P. W. R. Plant growth-promoting rhizobacteria: strategies to improve abiotic stresses in sustainable agriculture. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 12, p. 1435-1447, 2019. DOI: 10.1080/01904167.2019.1616757.

LEE, S. et al. Volatile organic compounds emitted by *Trichoderma* species mediate plant growth. **Fungal Biology and Biotechnology**, [S. l.], v. 3, n. 7, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s40694-016-0025-7. Acesso em: 25 nov. 2025.

LI, X.; ZHOU, Y. *Trichoderma spp*. as plant growth promoters and biological control agents. **Applied Soil Ecology**, v. 124, p. 1–7, 2018.

LIMA, R. B. **Patogenicidade de fungos de solo em alface, controle biológico e compatibilidade de *Trichoderma spp*. com produtos químicos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo**. [S. l.: s. n.], [20--].

MALLMANN, G.; et al. Fungos e nematoides associados a sementes de gramíneas forrageiras: impacto no estande e desenvolvimento das plantas. **Scientia Agricola**, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sp/a/LJpyqhMkFGFcBCJsB7tYQJB/?format=pdf Acesso em: 07 dez. 2025.

MEDEIROS, F. H. V.; LEMOS, F. N.; SILVA, R. N. Biocontrole e promoção de crescimento de plantas por *Trichoderma spp*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, n. 1, e62054, 2020.

MOREIRA, N. **Agronomia das forragens e pastagens**. Vila Real: Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro, 2002.

OLIVEIRA, L. V. et al. Características produtivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 191–197, jun. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200011. Acesso em: 25 nov. 2025.

PIERI, M. M. D.; COELHO, C. M. M.; NERLING, D. Qualidade física e fisiológica de lotes de sementes de *Avena sativa*, *Avena strigosa* e *Lolium multiflorum* produzidas em Santa Catarina. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, PR, v. 5, n. 10, p. 22391-22400, out. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-362. Acesso em: 10 dez. 2025.

PIAZZETTA, H. L. O. et al. Pastejo e nitrogênio sobre o crescimento de raízes na mistura de aveia preta e azevém. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1329-1340, 2014.

PORTAL EMBRAPA. PASTAGEM. Disponível em: https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina/producao-de-carne-bovina/pastagem. Acesso em: 15 abr. 2025.

PORTAL EMBRAPA. Desempenho agronômica da aveia granífera (avena sativa l.) Em sistemas de manejo do solo em ensaio de longa duração, [S. l.], [20--]. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108432/desempenho-agronomica-da-aveia-granifera-avena-sativa-l-em-sistemas-de-manejo-do-solo-em-ensaio-de-longa-duraçao. Acesso em: 18 abr. 2025.

PRIMAVESI, A. C. P. de A. et al. Estudos sobre manejo de aveia (*Avena sativa* L.). II. Avaliação do potencial de resposta ao nitrogênio sob regime de cortes em duas épocas de plantio. **Boletim de Pesquisa**, São Carlos, n. 10, 1993. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/43178. Acesso em: 24 abr. 2025.

RIBEIRO, T. M. D. et al. Características da pastagem de azevém e produtividade de cordeiros em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 580–587, mar. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300025. Acesso em: 25 nov. 2025.

ROCHA, M. G. et al. Produção e qualidade de forragem da mistura de aveia e azevém sob dois métodos de estabelecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 7–15, fev. 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100002. Acesso em: 25 nov. 2025.

RODRIGUES, R. D.; MACHADO, C. A.; CARVALHO, J. P. Crescimento inicial de gramíneas sob inoculação de Trichoderma spp. **Agro@mbiente On-line**, v. 14, n. 2, p. 123–130, 2020.

ROSO, C.; RESTLE, J. Aveia preta, triticale e centeio em mistura com azevém: 2. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 85–93, fev. 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100012. Acesso em: 25 nov. 2025.

SAHARAN, BS; NEHRA, V. (2011). Rizobactérias promotoras do crescimento vegetal: uma revisão crítica. Life **Sciences and Medicine Research**, 21, 1–30. (Revisão)

SANTOS, V. M. et al. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 34-41, 2013.

SANTOYO, G. et al. *Trichoderma* and *Bacillus* multifunctional allies for plant growth and health. **Microbiological Research**, v. 285, 127767, 2024.

SCHUSTER-RUSSIANO, M. C. et al. Compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma asperellum, Trichoderma harzianum* e *Bacillus velezensis* no biocontrole de fitopatógenos agrícolas. **Cadernos de Agroecologia**, [S. l.], v. 19, n. 1, 27 nov. 2024. Disponível em: https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/7531. Acesso em: 22 abr. 2025.

SILVA, F. A. M. et al. *Trichoderma* nativo cultivado em grãos de aveia como controle biológico e promoção de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 111-118, 2016. Disponível em: https://revistas.ufg.br/pat/article/view/42966. Acesso em: 29 set. 2025.

SILVA et al. **Journal of Plant Nutrition**, 2021.

SOUZA et al. **Grass and Forage Science**, 2022.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. (2008). Efeitos da produção de ácido indol-3-acético por *Azospirillum brasilense* em plantas de trigo inoculadas. **Plant and Soil**, 312, 15–23. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9606-0

STOLTE, L. M. **Influência de *Bacillus spp*. na promoção de crescimento de plantas de arroz**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2019. Disponível em: https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/6749. Acesso em: 22 abr. 2025.

TAFERNABERRI JÚNIOR, V.– Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. de. Origem e Evolução do Gênero *Avena*: Suas Implicações no Melhoramento Genético. **Circular Técnica**, Passo Fundo, n. 1, 1993. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/105416. Acesso em: 17 abr. 2025.

TIES, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, EL; MARRA, R.; WOO, SL; LORITO, M. (2008). Um novo papel para os metabólitos secundários de *Trichoderma* nas interações com plantas. **Patologia Fisiológica e Molecular de Plantas**, 72(3), 80–86. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.05.005

.