

Controle biológico e químico das cercosporioses em amendoim

Biological and chemical control of cercospora leaf spots in peanut

Control biológico y químico de las cercosporiosis en maní

DOI: 10.34188/bjaerv9n2-315

Submitted: Mar 20th, 2026

Approved: Apr 2nd, 2026

Rafael de Freitas Floriano

Eng^o Agrônomo - Mestre em Fitotecnia
UFRGS

Porto Alegre, RS. Brasil

E-mail: eng.agr@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0525-7174>

Tais de Moraes Falleiro Suassuna

Eng^a Agrônoma – Doutora em Genética e Melhoramento

UFV e Pesquisadora da EMBRAPA

Santo Antônio de Goiás, GO. Brasil

E-mail: tais.suassuna@embrapa.br

Rafael Gomes Dionello

Eng^o Agrônomo – Doutorado em Produção Vegetal

UENF e professor titular da UFRGS

Porto Alegre, RS. Brasil

E-mail: rafdionello@hotmail.com

Eveline Ferreira Soares

Eng^o Agrônoma – Mestra em Agronomia

UFSM

Porto Alegre, RS. Brasil

E-mail: soares.eveline@yahoo.com

Thainá Fogliatto Moreira

Eng^o Agrônomo – Doutorado em Fitotecnia

UFRGS

Porto Alegre, RS. Brasil

E-mail: thainafogliatto@gmail.com

Augusto Cesar dos Santos Renz

Tec. Est. Agropecuária

Escola E. Ildefonso S. Lopes (Rural)

Osório, RS. Brasil

E-mail: augustorenz355@gmail.com

Pedro Leohnard Pereira da Silva

Tec. Est. Agropecuária

Escola E. Ildefonso S. Lopes (Rural)

Osório, RS. Brasil

E-mail: leohnardpedro@gmail.com

Rafael Ferrarese Zonta
Tec. Est. Agropecuária
Escola E. Ildefonso S. Lopes (Rural)
Osório, RS, Brasil
E-mail: ferraresezontarafael@gmail.com

RESUMO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma cultura de elevada importância econômica e nutricional, cuja produtividade pode ser significativamente reduzida pelas cercosporioses, pela mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) e pela pinta-preta (*Nothopassalora personata*). O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de *Bacillus velezensis* (Cepa Labim 40), aplicado isoladamente e em associação com fungicidas sintéticos, no controle dessas doenças foliares na cultivar BRS 425 OL. O experimento foi conduzido na Escola Técnica Rural de Osório, RS, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: controle biológico, controle químico, manejo integrado (biológico + químico) e testemunha, com quatro repetições. Foram avaliadas a severidade das cercosporioses, a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), a produtividade e o teor de água dos grãos. Os tratamentos químico e químico + biológico apresentaram os menores valores de AACPD e severidade final para ambas as doenças, não diferindo estatisticamente entre si. O tratamento biológico apresentou desempenho intermediário, reduzindo significativamente o progresso das doenças em relação à testemunha. As maiores produtividades foram observadas nos tratamentos químico (5.574 kg ha^{-1}) e químico + biológico (5.556 kg ha^{-1}), enquanto a testemunha (2.398 kg ha^{-1}). O teor médio de água dos grãos permaneceu próximo de 9%, indicando adequada secagem e potencial para armazenamento. A integração entre *Bacillus velezensis* e fungicidas sintéticos mostrou-se uma alternativa eficiente para o manejo das cercosporioses, permitindo reduzir a dependência exclusiva do controle químico sem comprometer a produtividade da cultura.

Palavras-chave: controle biológico, cercosporiose, *Bacillus velezensis*, manejo integrado de doenças, produtividade

ABSTRACT

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is a crop of high economic and nutritional importance whose productivity can be significantly reduced by diseases, early leaf spot (*Cercospora arachidicola*) and late leaf spot (*Nothopassalora personata*). This study aimed to evaluate of *Bacillus velezensis* (Labim 40 strain), applied alone and in combination with synthetic fungicides, for in the BRS 425 OL. The experiment was conducted at the Rural Technical School of Osório, Rio Grande do Sul, Brazil, using a completely randomized design with four treatments: biological control, chemical control, integrated management (biological + chemical), and unsprayed control, with four replications. Disease severity, Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC), grain moisture content, and yield were evaluated. The chemical and chemical + biological treatments showed the lowest AUDPC and final severity values for both diseases, with no significant differences between them. The biological treatment showed intermediate performance, significantly reducing disease progression compared with the untreated control. The highest yields were obtained with the chemical (5574 kg ha^{-1}) and chemical + biological (5556 kg ha^{-1}) treatments, whereas the untreated control showed the lowest yield (2398 kg ha^{-1}). Mean grain moisture content remained close to 9%, indicating adequate drying conditions and storage potential. The integration of *Bacillus velezensis* with synthetic fungicides has potential for use as an effective to be an effective strategy for managing Cercospora leaf spot diseases, reducing reliance on exclusive chemical control without compromising crop productivity.

Keywords: biological control, *Cercospora* leaf spot, *Bacillus velezensis*, integrated disease management, yield

RESUMEN

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es un cultivo de gran importancia económica y nutricional, cuya productividad puede verse significativamente reducida por las cercosporiosis, especialmente la mancha castanha (*Cercospora arachidicola*) y la mancha negra (*Nothopassalora personata*). El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de *Bacillus velezensis* (cepa Labim 40), aplicado de forma aislada y en asociación con fungicidas sintéticos, para el control de estas enfermedades foliares en el cultivar BRS 425 OL. El experimento se llevó a cabo en la Escuela Técnica Rural de Osório, Rio Grande do Sul, Brasil, bajo un diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos: control biológico, control químico, manejo integrado (biológico + químico) y testigo sin aplicación, con cuatro repeticiones. Se evaluaron la severidad de las cercosporiosis, el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE), el rendimiento y el contenido de humedad de los granos. Los tratamientos químico y químico + biológico presentaron los menores valores de ABCPE y severidad final para ambas enfermedades, sin diferencias estadísticas entre ellos. El tratamiento biológico mostró un desempeño intermedio, reduciendo significativamente el progreso de las enfermedades en comparación con el testigo. Los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos químico (5574 kg ha^{-1}) y químico + biológico (5556 kg ha^{-1}), mientras que el testigo presentó el menor rendimiento (2398 kg ha^{-1}). El contenido medio de humedad de los granos se mantuvo cercano al 9 %, indicando condiciones adecuadas de secado y potencial para el almacenamiento. La integración de *Bacillus velezensis* con fungicidas sintéticos demostró ser una alternativa eficiente para el manejo de las cercosporiosis, permitiendo reducir la dependencia exclusiva del control químico sin comprometer la productividad del cultivo.

Palabras clave: control biológico, cercosporiosis, *Bacillus velezensis*, manejo integrado de enfermedades, rendimiento

1 INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo, destacando-se pela elevada qualidade nutricional dos grãos e pela ampla utilização na alimentação humana, indústria alimentícia e produção de óleo (Floriano *et al.*, 2020). No Brasil, a cultura apresenta crescente importância econômica, impulsionada pelo desenvolvimento de cultivares mais produtivas, pela adoção de tecnologias de manejo e pela expansão das áreas de cultivo. Entre as cultivares atualmente disponíveis, a BRS 425 OL destaca-se pelo elevado potencial produtivo, ampla adaptação às condições brasileiras e alto teor de ácido oleico, característica associada à maior estabilidade oxidativa do óleo contido nos grãos (Santos *et al.*, 2017; Heuert *et al.*, 2020; Suassuna *et al.*, 2019).

Apesar dos avanços obtidos no sistema produtivo, as doenças foliares continuam entre os principais fatores limitantes da produtividade da cultura. Dentre elas, destacam-se a mancha-castanha, causada por *Cercospora arachidicola*, e a pinta-preta, causada por *Nothopassalora personata*, consideradas as cercosporioses de maior importância econômica para o amendoim. Essas doenças reduzem a área foliar fotossinteticamente ativa, causam a desfolha precoce e comprometem

o enchimento das vagens, em expressivas perdas de produtividade quando não adequadamente controladas (Subrahmanyam et al., 1990; Moraes, 2006; Oliveira et al., 2017).

O manejo dessas doenças baseia-se principalmente na utilização de fungicidas sintéticos. Entretanto, a utilização contínua desses produtos pode aumentar os custos de produção e elevar a pressão de seleção sobre as populações dos patógenos, favorecendo o surgimento de resistência. Nesse contexto, o Manejo Integrado de Doenças (MID) tem sido amplamente recomendado como estratégia para aumentar a eficiência do controle e promover maior sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Suassuna et al., 2006; Yang et al., 2025).

Entre as alternativas promissoras para compor programas de manejo integrado destaca-se *Bacillus velezensis*, microrganismo com potencial para reduzir a incidência de doenças foliares por meio da produção de compostos antimicrobianos e da indução de mecanismos de defesa nas plantas (Caulier et al., 2019; Cai et al., 2022; Zhang et al., 2025). Entretanto, ainda são limitadas as informações sobre a eficiência da associação entre agentes biológicos e fungicidas sintéticos no manejo das cercosporioses em cultivares modernas de amendoim cultivadas nas condições do Sul do Brasil.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de *Bacillus velezensis* (Cepa Labim 40), aplicado isoladamente e em associação com fungicidas sintéticos, no controle da mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) e da pinta-preta (*Nothopassalora personata*) em plantas de amendoim da cultivar BRS 425 OL, bem como seus efeitos sobre a severidade das doenças, a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), a produtividade e o teor de água dos grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTURA DO AMENDOIM E IMPORTÂNCIA DA CULTIVAR BRS 425 OL

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo, sendo amplamente utilizado para alimentação humana, produção de óleo, confeitaria e diversos produtos industrializados. A cultivar BRS 425 OL pertence ao grupo runner alto oleico e destaca-se pelo elevado potencial produtivo, ampla adaptação às condições brasileiras de cultivo e recomendação para o Rio Grande do Sul pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC/MAPA), apresentando ainda menor severidade de doenças foliares em comparação com cultivares mais suscetíveis. (BRASIL, 2025; Heuert et al., 2020; Suassuna et al., 2019). Estudos conduzidos pela Embrapa demonstraram que a cultivar BRS 425 OL apresenta desempenho agrônomo superior em diferentes ambientes de produção, com produtividades frequentemente superiores a 6.000 kg ha⁻¹ e menor severidade de pinta-preta quando comparada a cultivares

tradicionalmente utilizadas pelos produtores (Heuert *et al.*, 2020; Suassuna *et al.*, 2019). Essas características tornam a cultivar uma alternativa estratégica para sistemas de produção que buscam elevado rendimento aliado à estabilidade fitossanitária.

2.2 MANCHA-CASTANHA E PINTA-PRETA DO AMENDOIM

As cercosporioses constituem o principal complexo de doenças foliares da cultura do amendoim. Esse complexo é formado pela mancha-castanha, causada por *Cercospora arachidicola*, e pela pinta-preta, causada por *Nothopassalora personata* (sin. *Cercosporidium personatum*), ambas amplamente distribuídas nas regiões produtoras brasileiras (Subrahmanyam *et al.*, 1990; Moraes, 2006). Os fungos sobrevivem em restos culturais, plantas voluntárias e sementes infectadas, constituindo importantes fontes de inóculo para novas epidemias. A disseminação ocorre principalmente por conídios transportados pelo vento e pela água, sendo favorecida por condições de elevada umidade relativa do ar, molhamento foliar prolongado e temperaturas entre 20 e 30 °C (Suassuna *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2017). A mancha-castanha normalmente manifesta-se nas fases iniciais e intermediárias do ciclo da cultura, apresentando lesões castanho-claras envolvidas por halo amarelado. Já a pinta-preta ocorre predominantemente no final do ciclo, caracterizando-se por lesões escuras associadas à intensa esporulação e severa desfolha das plantas (Moraes, 2006). Em conjunto, essas doenças reduzem significativamente a área foliar fotossinteticamente ativa, comprometendo o enchimento das vagens, a massa de 100 grãos e a produtividade final da cultura. Segundo Subrahmanyam *et al.* (1990), perdas superiores a 50% podem ocorrer em lavouras sem controle adequado. Trabalhos conduzidos pela Embrapa demonstram que cultivares como BRS 421 OL, BRS 423 OL e BRS 425 OL apresentam menor severidade das cercosporioses quando comparadas a materiais mais suscetíveis, evidenciando a importância da resistência genética como ferramenta complementar de manejo (Heuert *et al.*, 2020; Zoz *et al.*, 2021).

2.3 RELAÇÃO PATÓGENO-HOSPEDEIRO NAS CERCOSPORIOSES

A ocorrência das cercosporioses depende da interação entre o patógeno, o hospedeiro suscetível e o ambiente favorável, conceito conhecido como triângulo da doença (Agrios, 2005). A infecção inicia-se quando os esporos dos fungos encontram condições adequadas para germinação sobre a superfície foliar, penetrando nos tecidos vegetais e estabelecendo a colonização. A intensidade da doença está diretamente relacionada à suscetibilidade genética da cultivar, à quantidade de inóculo presente na área e às condições ambientais durante o ciclo da cultura. Ambientes com elevada umidade relativa, frequentes períodos de molhamento foliar e temperaturas moderadas favorecem a infecção e aceleram o progresso das epidemias (Moraes, 2006). A resposta

do hospedeiro depende da sua capacidade de ativar mecanismos de defesa estruturais e bioquímicos. Cultivares parcialmente resistentes apresentam menor taxa de expansão das lesões, menor esporulação dos fungos e menor intensidade de desfolha, contribuindo para a manutenção da produtividade mesmo sob elevada pressão de inóculo (Suassuna *et al.*, 2020).

2.4 CONTROLE QUÍMICO DAS CERCOSPORIOSES

O controle químico continua sendo a principal estratégia utilizada para o manejo das manchas foliares do amendoim. Em regiões de alta pressão da doença, os programas de controle podem exigir diversas aplicações ao longo do ciclo da cultura para manter a severidade abaixo do nível de dano econômico (Oliveira *et al.*, 2017). Os fungicidas mais utilizados pertencem aos grupos dos triazóis (DMI), estrobilurinas (QoI) e carboxamidas (SDHI), todos classificados como fungicidas de sítio específico. Esses produtos atuam em processos metabólicos essenciais dos fungos, proporcionando elevada eficiência no controle das cercosporioses (Frac, 2024). Além desses grupos, fungicidas multissítios como clorotalonil e compostos cúpricos são frequentemente utilizados em programas de manejo por apresentarem menor risco de seleção de populações resistentes. Apesar dos benefícios, o uso contínuo e repetitivo de fungicidas sintéticos pode aumentar a pressão de seleção sobre as populações dos patógenos, favorecendo a ocorrência de resistência e elevando os custos de produção, tornando necessária a adoção de estratégias complementares de manejo (Ferreira *et al.*, 2019).

2.5 CONTROLE BIOLÓGICO COM *Bacillus velezensis*

O controle biológico tem se destacado como uma alternativa sustentável para o manejo de doenças em sistemas agrícolas modernos. Entre os microrganismos mais promissores encontra-se *Bacillus velezensis*, bactéria gram-positiva pertencente ao grupo dos bacilos esporulados, reconhecida por sua elevada capacidade de colonização da rizosfera e da filosfera (Cai *et al.*, 2022). *Bacillus velezensis* atua por meio da produção de metabólitos antimicrobianos, competição por espaço e nutrientes e indução de resistência sistêmica nas plantas (Caulier *et al.*, 2019; Cai *et al.*, 2022). A presença da bactéria estimula a ativação de vias metabólicas relacionadas à defesa vegetal, aumentando a produção de compostos fenólicos, fitoalexinas e proteínas de defesa, tornando as plantas mais preparadas para responder ao ataque dos patógenos (Ongena; Jacques, 2008). Estudos recentes demonstram que inoculantes à base de *Bacillus velezensis* podem reduzir significativamente a incidência e a severidade de doenças causadas por fungos dos gêneros *Aspergillus* spp, *Fusarium* spp e *Cercospora*, contribuindo para maior estabilidade produtiva e menor dependência de fungicidas sintéticos (Zhang *et al.*, 2025).

2.6 CONTROLE INTEGRADO QUÍMICO E BIOLÓGICO

O Manejo Integrado de Doenças (MID) preconiza a utilização combinada de diferentes estratégias de controle com o objetivo de reduzir a incidência das doenças, aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos e minimizar os impactos ambientais (Suassuna *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2025). Nesse contexto, a integração entre agentes biológicos e fungicidas sintéticos representa uma alternativa promissora para o manejo das cercosporioses do amendoim. Enquanto os fungicidas promovem ação rápida e eficiente sobre os patógenos presentes na lavoura, os agentes biológicos atuam reduzindo o potencial de inóculo, induzindo resistência vegetal e contribuindo para o equilíbrio microbiológico do agroecossistema (Ongena; Jacques, 2008). Segundo Yang *et al.* (2025), a combinação de diferentes mecanismos de ação reduz a pressão de seleção para resistência dos patógenos, prolonga a vida útil dos ingredientes ativos e melhora a estabilidade do controle em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento das doenças. Além disso, Perez *et al.* (2021) destacam que estratégias integradas podem reduzir a dependência do controle exclusivamente químico, favorecendo sistemas produtivos mais sustentáveis e economicamente viáveis. Dessa forma, a integração entre *Bacillus velezensis* e fungicidas de sítio específico surge como uma estratégia promissora para o manejo sustentável da mancha-castanha e da pinta-preta em cultivares modernas de amendoim, como a BRS 425 OL.

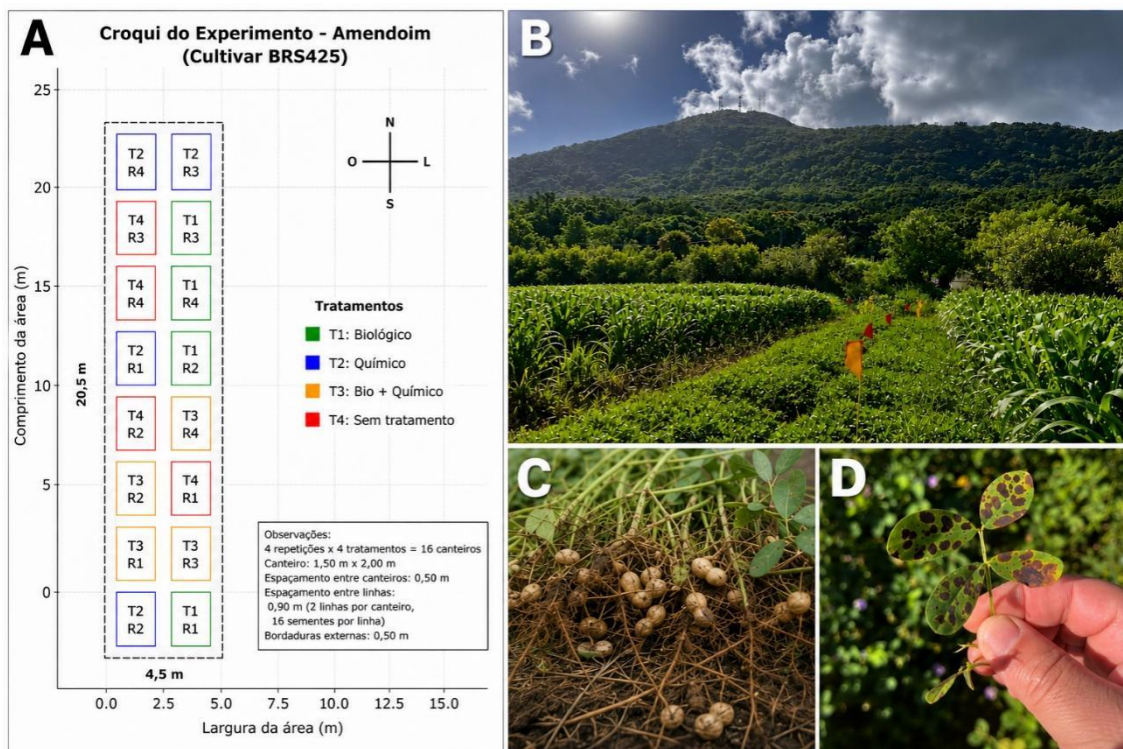
3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola Técnica Rural de Osório, localizada no município de Osório, Rio Grande do Sul, Brasil, nas coordenadas UTM (Zona 22J) E = 569.698,95 m e N = 6.693.504,08 m. A área apresenta relevo plano, situada no pé do morro, com solo de fácil manejo, constituído por aproximadamente 44% de areia, 28% de argila e 28% de silte, caracterizando textura franco-argilo-arenosa. Os solos predominantes da região litorânea do Rio Grande do Sul apresentam boa drenagem, profundidade variável e elevada influência dos depósitos sedimentares costeiros (Streck *et al.*, 2018). O clima regional é classificado como subtropical úmido (Cfa), com temperatura média no período de verão em torno de 25 °C, umidade relativa do ar entre 78 e 80% e precipitação acumulada próxima de 380 mm durante os meses mais quentes do ano, condições consideradas favoráveis ao desenvolvimento das cercosporioses do amendoim e de outros fungos fitopatogênicos (Bergamaschi; Guadagnin, 2013; Alvares *et al.*, 2013). Essas condições caracterizam um ambiente quente e úmido, propício à proliferação e disseminação dos patógenos foliares da cultura. O experimento foi conduzido utilizando a cultivar de amendoim BRS 425 OL, desenvolvida pela Embrapa (Suassuna *et al.*, 2019). A semeadura da cultivar BRS 425 OL foi realizada em 28 de novembro de 2025, sendo conduzida conforme as recomendações técnicas para

a cultura. A primeira avaliação de severidade e a primeira aplicação dos tratamentos ocorreram aos 40 dias após a semeadura (DAS). Posteriormente, as oito avaliações de severidade das doenças e as sete aplicações dos produtos foram realizadas em intervalos de 14 dias, conforme descrito no decorrer deste artigo. O arranquio das plantas foi efetuado aos 160 dias após a semeadura, dia 07/05/2026, quando a cultura atingiu o estágio adequado de maturação. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos por: T1 – controle biológico com *Bacillus velezensis* (Cepa Labim 40); T2 – controle químico com fungicidas sintéticos comercial Piori Top e Fox XPro; T3 – manejo integrado e intercalado (*Bacillus velezensis* + fungicidas sintéticos); e T4 – testemunha sem aplicação de produtos fitossanitários. Cada parcela experimental foi composta por um canteiro com dimensões de 2,0 m de comprimento por 0,90 m de largura, contendo duas linhas de cultivo espaçadas em 0,90 m, conforme Figura 1, em anexo. A semeadura foi realizada visando uma população de 16 plantas por metro linear, densidade semelhante à utilizada em experimentos conduzidos com cultivares runner da Embrapa (Campos *et al.*, 2021).

Figura 1- Delineamento experimental e aspectos do experimento com amendoim cultivar BRS 425 OL conduzido na Escola Técnica Rural de Osório, RS.

(A) Croqui da área experimental com distribuição dos tratamentos e repetições; (B) Vista geral da área experimental; (C) Plantas de amendoim após o arranquio e início da cura a campo; (D) Folha de amendoim com sintomas de mancha-castanha causada por *Cercospora arachidicola*.



Fonte: Dados da pesquisa, Escola Técnica Rural de Osório, RS, safra 2025/2026.

Para o controle biológico foi utilizado *Bacillus velezensis* (Cepa Labim 40), na dose de 1.000 mL de produto comercial por hectare, aplicado com pulverizador costal de 20 L. As aplicações foram realizadas em intervalos de 14 dias, iniciando aos 40 dias após a semeadura.

Nos tratamentos químicos foram utilizados fungicidas sintéticos de sítio específico, aplicados conforme as recomendações da bula para a cultura do amendoim. Os fungicidas empregados pertenceram aos grupos das carboxamidas (SDHI), estrobilurinas (QoI) e triazóis (DMI). No tratamento integrado, as aplicações do agente biológico e dos fungicidas foram realizadas de forma alternada, em intervalos de 14 dias. Ao longo do experimento foram realizadas sete aplicações dos tratamentos e oito avaliações de severidade das doenças. O tratamento testemunha não recebeu qualquer aplicação de produtos fitossanitários, somente as leituras da severidade.

3.1 AVALIAÇÕES FITOSSANITÁRIAS E AGRONÔMICAS

3.1.1 Severidade das cercosporioses

A severidade da mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) e da pinta-preta (*Nothopassalora personata*) foi avaliada periodicamente em 10 plantas centrais de cada linha de cultivo, ao longo do ciclo da cultura por meio de escala visual de notas de 1 a 9, adaptada de Subrahmanyam *et al.* (1990). Essa metodologia foi utilizada para quantificar a evolução das doenças e comparar a eficiência dos tratamentos. A escala utilizada foi: 1 = ausência de sintomas; 2 = lesões predominando nas folhas inferiores sem desfolha; 3 = lesões nas folhas inferiores e intermediárias com pouca desfolha; 4 = lesões severas nas folhas inferiores com desfolha evidente; 5 = mais de 50% de desfolha na parte inferior da planta; 6 = lesões severas nas folhas inferiores e intermediárias; 7 = desfolha completa na parte inferior e intensa na parte intermediária; 8 = desfolha severa nas partes inferior e intermediária e sintomas no topo; e 9 = desfolha intensa com ramos expostos e poucos folíolos remanescentes (Subrahmanyam *et al.*, 1990). O progresso das cercosporioses ao longo do ciclo da cultura foi estimado pela Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), calculada com base nas avaliações sucessivas de severidade. Valores menores de AACPD indicaram menor desenvolvimento das doenças e maior eficiência dos tratamentos avaliados (Shaner; Finney, 1977).

$$AACPD = \sum [(Y_i + Y_{i+1})/2](T_{i+1} - T_i) \quad (1)$$

onde:

AACPD = Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença;

Y_i = severidade observada na avaliação atual;

Y_{i+1} = severidade observada na avaliação seguinte;

T_i = tempo da avaliação atual (dias após a semeadura);

T_{i+1} = tempo da avaliação seguinte (dias após a semeadura).

3.1.2 Produtividade

Após o arranquio, as plantas permaneceram em cura a campo por três dias, expostas à radiação solar, visando reduzir gradativamente o teor de água das vagens e favorecer a maturação final dos grãos. Posteriormente, o material foi transferido para uma estufa plástica coberta, permanecendo por sete dias em ambiente protegido da precipitação e da elevada umidade relativa do ar. A adoção da cura e da secagem controlada é fundamental para reduzir a atividade biológica dos grãos, minimizar alterações físicas e microbiológicas e preservar a qualidade do produto durante o armazenamento (Araujo et al., 2014; Torres et al., 2014). A produtividade foi determinada após a cura, secagem e colheita das parcelas experimentais. As vagens produzidas em cada parcela foram pesadas em balança digital de precisão e os valores convertidos para quilogramas por hectare (kg ha^{-1}), considerando-se a área útil de cada parcela. Esse procedimento é amplamente utilizado em ensaios agrônômicos com amendoim para estimativa do rendimento produtivo e comparação entre tratamentos fitossanitários (Campos et al., 2021). Além disso, a adequada redução do teor de água contribui para a obtenção de grãos com melhores condições de conservação e menor suscetibilidade à deterioração durante a pós-colheita (Suassuna, 2015; Yang et al., 2025).

3.1.3 Teor de água dos grãos

O teor de água foi determinado pelo método da estufa, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Amostras dos grãos foram submetidas à secagem em estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas. Posteriormente, foi calculada a diferença entre a massa inicial e a massa final da amostra, expressando-se os resultados em porcentagem de água (%). Essa variável foi utilizada como indicador da qualidade pós-colheita e do potencial de armazenamento dos grãos.

3.1.4 Análise estatística

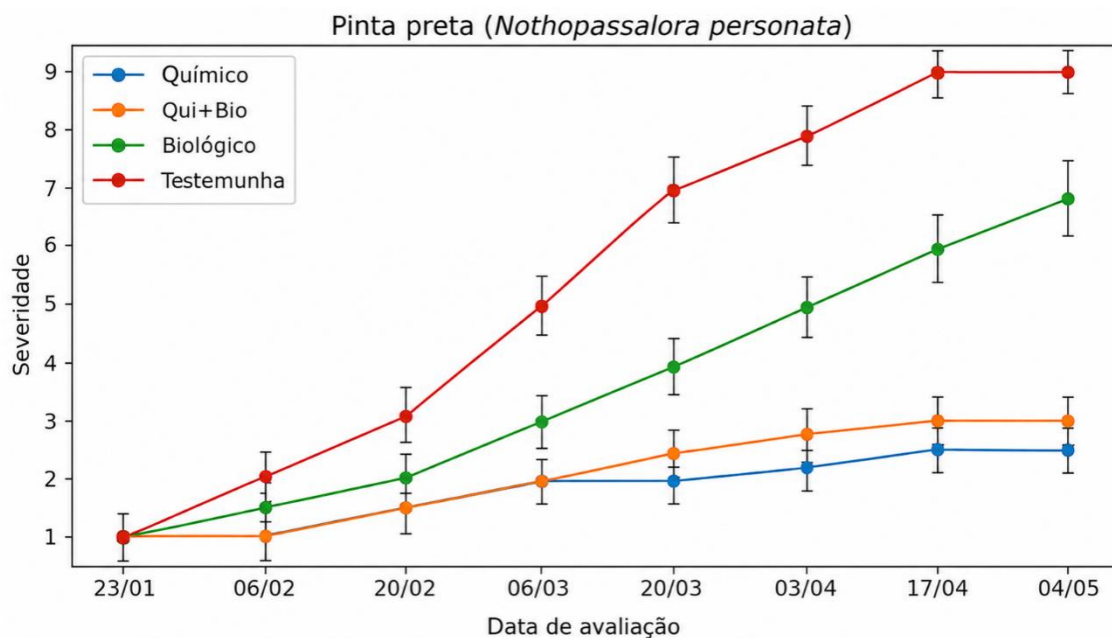
Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, realizou-se a análise de variância (ANOVA) pelo teste F, adotando-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Quando constatadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR, amplamente utilizado em experimentos agrícolas e na análise de dados provenientes de delineamentos experimentais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Figura 2, a severidade da pinta-preta (*Nothopassalora personata*) aumentou progressivamente ao longo do ciclo, sendo mais intensa na testemunha, o que confirma o elevado

potencial destrutivo da doença quando não são adotadas medidas de controle (Subrahmanyam *et al.*, 1990; Moraes, 2006). O tratamento biológico com *Bacillus velezensis* reduziu o progresso da doença em relação à testemunha, embora tenha apresentado aumento da severidade nas avaliações finais, comportamento já relatado para agentes biológicos sob alta pressão epidemiológica (Cai *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2025). Os tratamentos Químico e Químico + Biológico mantiveram os menores níveis de severidade durante todo o ciclo, evidenciando elevada eficiência na supressão da pinta-preta e na preservação da área foliar da cultura, confirmando resultados observados por Heuert *et al.* (2020) para cultivares modernas de amendoim.

Figura 2 - Progresso da severidade da pinta-preta (*Nothopassalora personata*) em plantas de amendoim cultivar BRS 425 OL submetidas a diferentes manejos fitossanitários ao longo do ciclo da cultura.

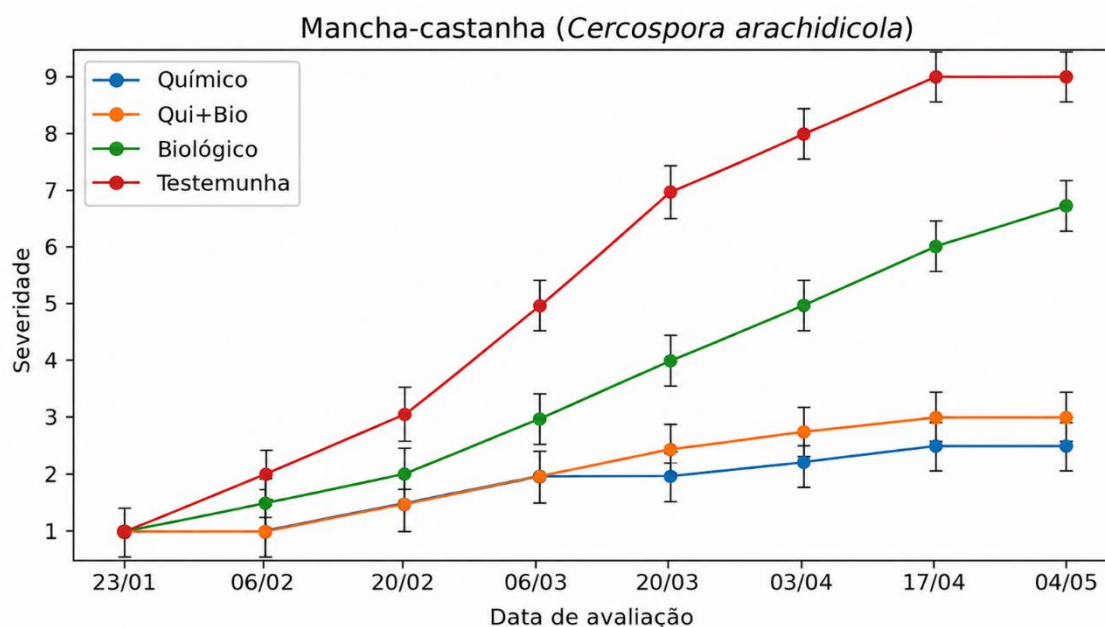


A severidade foi avaliada em oito datas ao longo do ciclo da cultura, e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os pontos representam as médias observadas em cada avaliação, permitindo visualizar o progresso temporal da doença e a eficiência dos tratamentos no seu controle. Fonte: Dados da pesquisa, 2025/2026.

Conforme a Figura 3, a severidade da mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) aumentou progressivamente ao longo do ciclo da cultura, comportamento característico das cercosporioses em condições favoráveis de temperatura e umidade (Moraes, 2006). A testemunha apresentou a curva de progresso mais acentuada, atingindo severidade máxima ao final das avaliações (Figura 3), resultado semelhante aos elevados níveis de severidade relatados por Heuert *et al.* (2020) e Domenici *et al.* (2018) em materiais suscetíveis. O tratamento biológico reduziu o avanço da doença em relação à testemunha, porém apresentou aumento expressivo da severidade nas avaliações finais, indicando limitação do controle isolado sob elevada pressão de inóculo. Em

contraste, os tratamentos Químico e Químico + Biológico mantiveram as menores severidades durante todo o ciclo (Figura 3), resultado consistente com estudos conduzidos pelo programa de melhoramento da Embrapa, nos quais menores níveis de doença estiveram associados à melhor manutenção do potencial produtivo. A menor intensidade da doença observada nos tratamentos Químico e Químico + Biológico (Figura 3) demonstra a eficiência desses manejos na redução do progresso da mancha-castanha ao longo do ciclo, contribuindo para a preservação da área fotossinteticamente ativa da cultura, comportamento semelhante ao relatado por Fonseca et al. (2020) e Oliveira et al. (2017).

Figura 3 - Progresso da severidade da mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) em plantas de amendoim cultivar BRS 425 OL submetidas a diferentes manejos fitossanitários ao longo do ciclo da cultura.



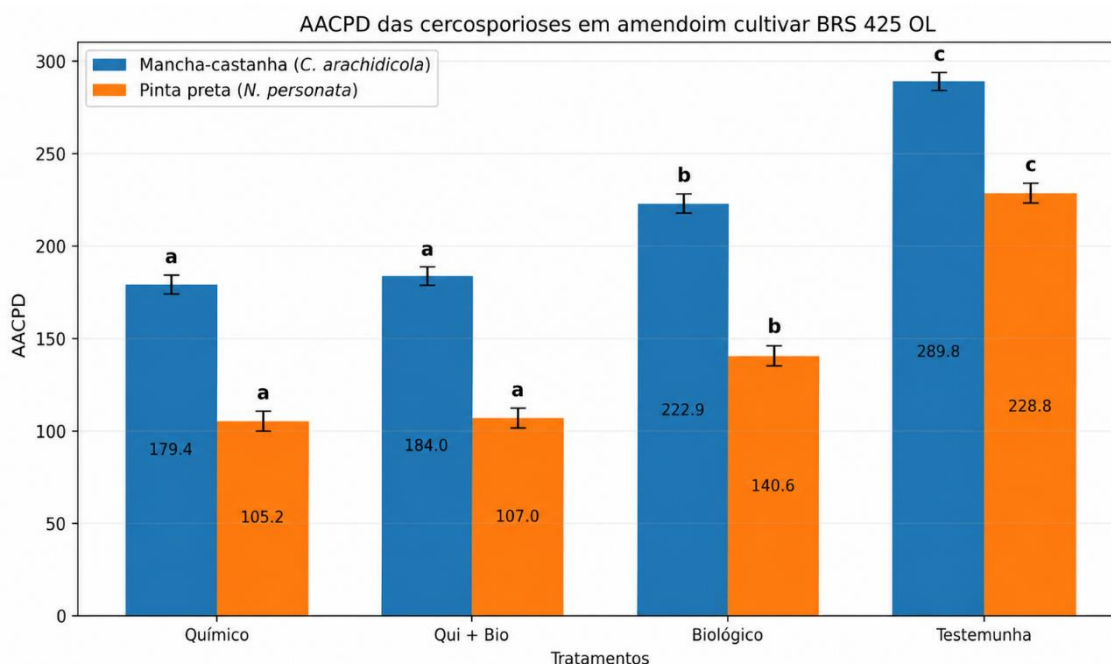
A severidade foi avaliada em oito datas ao longo do ciclo da cultura, e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os pontos representam as médias observadas em cada avaliação, permitindo visualizar o progresso temporal da doença e a eficiência dos tratamentos no seu controle. Fonte: Dados da pesquisa, 2025/2026.

Conforme a Figura 4 e a Tabela 1, os valores de AACPD e severidade final apresentaram comportamento semelhante para a mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) e a pinta-preta (*Nothopassalora personata*), evidenciando maior eficiência dos tratamentos Químico e Químico + Biológico ao longo de todo o ciclo. Conforme a Tabela 1, os menores valores de AACPD e severidade final foram observados nos tratamentos Químico e Químico + Biológico, que não diferiram estatisticamente entre si, enquanto a testemunha apresentou os maiores valores para ambas as doenças. Esse comportamento é consistente com os resultados obtidos por Fonseca *et al.* (2020), que verificaram que tratamentos com menor AACPD proporcionaram menor intensidade da pinta-

preta, menor desfolha e maiores rendimentos de vagens, demonstrando a estreita relação entre o progresso temporal da doença e os danos à cultura. A mancha-castanha apresentou AACPD ligeiramente superior à pinta-preta (Tabela 1), embora ambas tenham respondido de forma semelhante aos manejos avaliados. Os resultados também concordam com estudos da Embrapa que relacionam menores níveis de severidade das cercosporioses à manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa e da produtividade dos genótipos de amendoim. Os menores valores de AACPD observados nos tratamentos Químico e Químico + Biológico (Figura 4 e Tabela 1) indicam redução consistente do progresso temporal das cercosporioses, refletindo maior estabilidade fitossanitária durante o ciclo da cultura. Resultados semelhantes foram relatados por Fonseca *et al.* (2020) e Oliveira *et al.* (2017), que associaram menores valores de AACPD à redução da desfolha, à preservação da área foliar e à manutenção do potencial produtivo do amendoim.

Figura 4 - Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) da mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) e da pinta-preta (*Nothopassalora personata*) em plantas de amendoim cultivar BRS 425 OL submetidas a diferentes manejos fitossanitários.

As barras representam as médias da AACPD, as barras de erro correspondem ao erro padrão da média (EPM) e as letras iguais indicam ausência de diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Fonte: Dados da pesquisa, Escola Técnica Rural de Osório, RS, safra 2025/2026.

Os resultados demonstraram que os tratamentos Químico e Químico + Biológico apresentaram os menores valores de severidade e AACPD para mancha-castanha e pinta-preta (Figuras 2, 3 e 4; Tabela 1), além das maiores produtividades observadas (Tabela 2), com rendimentos de 5574,08 kg ha⁻¹ e 5555,56 kg ha⁻¹, respectivamente. O tratamento Biológico apresentou produtividade intermediária (3833,34 kg ha⁻¹), enquanto a Testemunha registrou os menores valores (2398,15 kg ha⁻¹), evidenciando

o impacto negativo das cercosporioses sobre o rendimento da cultura. A superioridade produtiva observada nos tratamentos Químico e Químico + Biológico acompanhou os menores valores de severidade e AACPD (Figuras 2, 3 e 4; Tabela 1), evidenciando a relação direta entre a redução do progresso das cercosporioses e a manutenção do rendimento da cultura. A menor AACPD observada nesses tratamentos confirma a redução da velocidade de progresso das doenças ao longo do ciclo, refletindo diretamente nos componentes produtivos. Esses resultados estão de acordo com estudos que destacam a importância do manejo integrado para a manutenção da área foliar sadia, produtividade e qualidade dos grãos de amendoim (Torres *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2025; Zhang *et al.*, 2025). Além disso, a preservação da sanidade da cultura favorece a qualidade pós-colheita, reduz riscos de deterioração e contribui para maior estabilidade durante a secagem e o armazenamento dos grãos (Araujo *et al.*, 2014; Suassuna, 2015; Floriano *et al.*, 2023). Os valores de teor de água dos grãos variaram de 8,64 a 9,53% entre os tratamentos (Tabela 2), permanecendo próximos da faixa considerada adequada para armazenamento seguro do amendoim. Os menores teores foram observados nos tratamentos Químico e Químico + Biológico, enquanto a Testemunha apresentou o maior valor. Apesar das diferenças estatísticas, todos os tratamentos apresentaram teores compatíveis com a adequada secagem dos grãos após a cura (três dias) a campo e permanência em estufa plástica por sete dias. Valores próximos de 9% indicam condições favoráveis à conservação, reduzindo a atividade biológica, o risco de deterioração e o desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento (Araujo *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2014; Suassuna, 2015; Yang *et al.*, 2025). De forma geral, os resultados demonstraram que os tratamentos Químico e Químico + Biológico proporcionaram os menores valores de severidade e AACPD, bem como as maiores produtividades (Figuras 2, 3 e 4; Tabelas 1 e 2). A equivalência entre esses tratamentos sugere que a integração de *Bacillus velezensis* ao manejo químico pode representar uma alternativa tecnicamente viável para reduzir a dependência de fungicidas sintéticos, mantendo níveis de controle e produtividade semelhantes aos obtidos pelo manejo químico convencional. Esses resultados reforçam o potencial do manejo integrado como estratégia para aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos, com possíveis benefícios ambientais e econômicos (Perez *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2025; Zhang *et al.*, 2025).

Tabela 1 - AACPD e severidade final da mancha castanha (MC) e pinta-preta (PP) em amendoim BRS 425 OL.

Tratamento	AACPD MC	AACPD PP	Severidade final MC	Severidade final PP
Químico	179,38 a	105,25 a	2,50 a	1,50 a
Químico + Biológico	184,00 a	107,00 a	3,00 a	1,25 a
Biológico	222,88 b	140,63 b	6,75 b	4,75 b
Testemunha	289,75 c	228,75 c	9,00 c	9,00 c
CV (%)	10,99	11,45	13,03	12,84
EPM	5,47	5,24	0,35	0,32

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). AACPD = Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença; MC = Mancha Castanha; PP = pinta-Preta; CV = Coeficiente de Variação; EPM = Erro Padrão da Média.

Fonte: Dados da pesquisa, Escola Técnica Rural de Osório, RS, safra 2025/2026.

Os resultados de produtividade e teor de água encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Produtividade dos grãos e teor de água

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Grupo Prod.	TA (%)	Grupo Teor
Químico	5574,08	a	8,75	b
Qui + Bio	5555,56	a	8,64	b
Biológico	3833,34	b	9,11	ab
Testemunha	2398,15	c	9,53	a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Prod. = produtividade (kg ha⁻¹); TA = teor de água (%); CV = coeficiente de variação; EPM = erro padrão da média. Para produtividade: F = 28,09; p = 0,00001; CV = 33,71%. Para teor de água: F = 5,89; p = 0,0104; CV = 5,16%.

Fonte: Dados da pesquisa, Escola Técnica Rural de Osório, RS, safra 2025/2026.

5 CONCLUSÃO

Os tratamentos Químico e Químico + Biológico foram os mais eficientes no controle da mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*) e da pinta-preta (*Nothopassalora personata*), apresentando os menores valores de severidade e AACPD e as maiores produtividades. O tratamento Biológico isolado reduziu o progresso das doenças em relação à testemunha, porém apresentou menor eficiência sob elevada pressão de inóculo. A associação entre *Bacillus velezensis* e fungicidas sintéticos proporcionou resultados equivalentes ao manejo químico convencional, evidenciando o potencial do manejo integrado para reduzir a dependência de fungicidas, favorecer a sustentabilidade dos sistemas produtivos e manter a eficiência produtiva da cultura. Dessa forma, a integração entre controle biológico e químico constitui uma alternativa tecnicamente eficiente e potencialmente mais sustentável para o manejo das cercosporioses do amendoim. Entretanto, estudos adicionais em diferentes condições edafoclimáticas, cultivares e safras são necessários para confirmar e ampliar a aplicabilidade dos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Escola Estadual Ildefonso Simões Lopes (Escola Rural), à UFRGS, através da Faculdade de Agronomia, à EMBRAPA Arroz e Feijão e à Empresa Simbiose.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. *Plant Pathology*. 5. ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 3, p. 279-286, 2014.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. *Agroclima da Estação Experimental Agronômica da UFRGS e região de abrangência*. Porto Alegre: UFRGS, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)**. Brasília, DF: MAPA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programas-zarc>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília: MAPA, 2009.
- CAI, Z. et al. Biological control mechanisms of *Bacillus velezensis* and its application in sustainable agriculture. *Microbiological Research*, v. 261, p. 127090, 2022.
- CAULIER, S. et al. Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, p. 302, 2019.
- FERREIRA, S. M. et al. Doenças do amendoim: ocorrência, danos e estratégias de manejo. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n. 2, p. 419-426, 2019.
- FLORIANO, R. F.; GRÄBIN, K.; ROSSI, R. C.; FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V. Impact of roasting conditions on the quality and acceptance of peanut paste. *Journal of Texture Studies*, v. 51, n. 5, p. 841-848, 2020.
- FLORIANO, R. F.; RADUNZ, L. L.; DIONELLO, R. G.; ZIEGLER, V.; VIEIRA, M. M.; HOFFMANN, J. F.; UITDEWILLIGEN, G. S.; FERREIRA, C. D. Effect of storage on the quality of peanut grain oil. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 124, p. 105688, 2023.
- FONSECA, A. E.; ALMEIDA, L. F. Z. ; RAMOS, M. F. ; PAULO JÚNIOR, J. ; DA SILVA, T. M. R. . Programas de aplicação associados ou não ao adjuvante Oxiativo® no controle de pinta preta na cultura do amendoim. *South American Sciences* , Brasil, v. 1, n. 2, p. e2077, 2020. DOI: 10.17648/sas.v1i2.77.
- FRAC – FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. *FRAC Code List 2024: Fungicides sorted by mode of action*. Brussels, 2024.
- HEUERT, J. et al. Desempenho agrônômico de novas linhagens de amendoim no Cerrado. *South American Sciences*, v. 1, n. 1, e2008, 2020.
- MORAES, S. A. Doenças do amendoim. In: SANTOS, R. C. (Ed.). *O Agronegócio do Amendoim no Brasil*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.

MORAES, S. A.; GODOY, I. J.; MARTINS, A. L. M.; MICHELOTTO, M. D.; SANTOS, R. C. Manejo das cercosporioses do amendoim. In: SANTOS, R. C. (Ed.). *O Agronegócio do Amendoim no Brasil*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2023.

OLIVEIRA, B. N.; HEUERT, J.; MARTINS, K. B. B.; COSTA, L. C.; SUASSUNA, T. M. F. Controle químico reduzido das cercosporioses em genótipos de amendoim. In: ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 2017, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: UNESP, 2017. DOI: 10.17648/amendoim-2017-72069.

ONGENA, M.; JACQUES, P. Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, v. 16, n. 3, p. 115-125, 2008.

PEREZ, M. et al. Effects of pulling time and field curing on peanut yield, kernel quality and sanitary status. *AgriScientia*, v. 38, n. 2, p. 1-13, 2021.

RIBEIRO, R. P.; HEUERT, J. Controle da pinta preta do amendoim utilizando diferentes estratégias. In: XVI ENCONTRO SOBRE A CULTURA DO AMENDOIM, 16., 2019, Jaboticabal, SP. *Anais...* Campinas: Galoá Proceedings, 2019. ISSN 2358-355X.

SANTOS, R. C. et al. *O Agronegócio do Amendoim no Brasil*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2017.

SANTOS, R. F. et al. Sistema de produção e cadeia do amendoim no Brasil: avanços e desafios. *Informações Econômicas*, v. 47, n. 4, p. 1-12, 2017.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 3. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-UFRGS, 2018.

SUBRAHMANYAM, P. et al. *Ferrugem e mancha foliar tardia do amendoim: métodos de avaliação e fontes de resistência*. Patancheru: ICRISAT, 1990.

SUASSUNA, Taís de Moraes Falleiro et al. BRS 425: the first runner peanut cultivar related to wild ancestral species. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 19, p. 373-377, 2019.

SUASSUNA, T. M. F. *Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Amendoim*. Brasília: Embrapa, 2015.

SUASSUNA, T. M. F. et al. Manejo integrado das cercosporioses do amendoim. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.

SUASSUNA, T. M. F. et al. Cultivares de amendoim para o Cerrado brasileiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2020.

TORRES, A. M.; BARROS, G. G.; PALACIOS, S. A.; CHULZE, S. N.; BATTILANI, P. Review on pre- and post-harvest management of peanuts to minimize aflatoxin contamination. *Food Research International*, v. 62, p. 11-19, 2014.

WANG, M. L. et al. High oleic peanut breeding and quality characteristics. *Peanut Science*, v. 42, p. 1-12, 2015.

YANG, Y. et al. Integrated overview of peanut storage: quality changes, deterioration pathways and management strategies. *Food Chemistry X*, v. 25, p. 101982, 2025.

ZHANG, G. et al. Agricultural microbial inoculants improve peanut growth and suppress *Aspergillus flavus*. *Oil Crop Science*, v. 10, n. 1, p. 45-58, 2025.