

**JOSÉ FRANCISCO DOS SANTOS**

**RELATO DO USO DE MICRORGANISMOS ANTAGONISTAS NO MANEJO DO  
MAL DO PÉ (*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*; Ggg) EM ARROZ  
IRRIGADO**

**São Cristóvão – SE**

**Fevereiro-2026**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

**RELATO DO USO DE MICRORGANISMOS ANTAGONISTAS NO MANEJO DO  
MAL DO PÉ (*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*; Ggg) EM ARROZ  
IRRIGADO**

**Monografia apresentada ao Departamento  
de Engenharia Agrônômica – Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito parcial  
para obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.**

**ORIENTADO: José Francisco dos Santos**

---

**Prof. Dr. Paulo Roberto Gagliardi**  
**(Orientador)**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Aline de Almeida Vasconcelos**

**(Banca examinadora)**

---

**Me. Wallison Oliveira Vieira**

**(Banca examinadora)**

Dedico este trabalho primeiramente, a Deus e a Santo Antônio da Barra do Betume, protetor de minha família, bem como a São Francisco de Assis, que me concederam forças nos momentos mais difíceis da minha vida, desde o ensino médio até alcançar esta etapa. Dedico-o também à minha mãe e ao meu pai, pelo apoio incondicional e pela motivação constante para que eu alcançasse este objetivo. Dedico, ainda, à minha tia, in memoriam, Sebastiana dos Santos, que contribuiu imensamente para que eu chegasse até aqui, por meio de conselhos e ensinamentos que moldaram minha trajetória e fortaleceram meu caminho até esta conquista. Ao meu irmão e a todos os meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por tudo. Em seguida, ao meu pai Valmir dos Santos e à minha mãe Ana Rita dos Santos. Aos meus pais, sou infinitamente grato por todo amor, apoio e dedicação. Peço desculpas por todo sofrimento e por todas as renúncias que vocês precisaram fazer para que eu chegasse até aqui. Obrigado por estarem comigo ao longo desses mais de 23 anos de estudos, por serem presença constante, por me apoiarem em cada decisão que tomei e por serem meu chão, meu alicerce e minha maior fonte de inspiração.

Agradeço também aos meus tios e tias, meu irmão Antony Fellipe dos Santos, à minha avó Lourdes (Dona Miúda) e à minha madrinha Silvânia, por todo apoio ao longo desses anos de universidade. Vocês foram meu segundo ponto de apoio; sem vocês, a caminhada teria sido muito mais difícil. Minha gratidão por todo cuidado e incentivo.

Não poderia deixar de agradecer, com carinho, aos amigos que fiz na universidade ao longo desses seis anos, desde quando ainda era calouro em Glória. A lista é extensa, mas registro aqui alguns com quem convivi por mais tempo: meu compadre Thiago Andrade, Gustavo (irmão), Felipe Mota, Ryan Eduardo, José Henrique, e também a quem compartilhou comigo muitos momentos em sala e grandes debates, meu amigo Jeferson Mauricio. Agradeço ainda a todos do grupo Agropinga Raiz. Levarei cada um de vocês para sempre.

Ressalto, com respeito e reconhecimento, a excelência do Departamento de Engenharia Agrônômica e agradeço aos professores que contribuíram para minha formação. Em especial, agradeço ao meu orientador no PIBID e no TCC, Professor Dr. Paulo Gagliardi, bem como a Pedro Viegas, Aline de A. Vasconcelos, e a todos os docentes que compõem o corpo do DEA, pelo conhecimento transmitido e pela contribuição na minha trajetória acadêmica.

Agradeço e enalteço o ensino público de qualidade das instituições pelas quais passei desde o Jardim I, na Escola Municipal Professor João Camilo Lemos, em Pacatuba; no Ensino Fundamental I, na Escola Municipal Professora Maria Júlia Cruz Daltro, em Pirambu; na Escola Municipal Professor Emiliano Nunes de Moura, em Japaratuba; e na Escola Família Agrícola de Ladeirinhas “A”, em Ladeirinhas “A” em Japoatã. Sou muito grato pelos aprendizados e pela realidade de mundo que essas instituições me proporcionaram. Tenho um agradecimento especial à Escola Família Agrícola, onde cursei três anos do ensino médio: além de formar profissionais técnicos competentes, contribui para formar cidadãos melhores para o mundo. Meu muito obrigado por toda a formação que me foi oferecida ao longo desses anos. Gostaria de mencionar, um a um, todos os professores com quem estudei, mas são mais de 50; ainda assim, registro minha profunda gratidão por todo conhecimento compartilhado.

Agradeço à Bioworld Soluções Regenerativas, na pessoa de Wallison Oliveira Vieira, pelo apoio na execução deste trabalho.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Sergipe, pelo suporte oferecido dentro de suas possibilidades, especialmente por sua estrutura, espaços, salas, biblioteca e restaurante universitário. Saio com orgulho de ser filho desta casa.

## SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS .....	7
LISTAS DE TABELAS .....	8
RESUMO .....	9
1. INTRODUÇÃO .....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1. Arroz irrigado e relevância produtiva em Sergipe .....	11
2.2. Doenças do arroz e impacto na produtividade e qualidade .....	12
2.3. Principais doenças associadas ao arroz irrigado.....	13
2.3.1. Brusone ( <i>Magnaporthe oryzae</i> ) .....	13
2.3.2. Mancha-parda ( <i>Bipolaris oryzae</i> ) e queima das bainhas ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) .....	13
2.3.3. Carvão-da-folha ( <i>Entyloma oryzae</i> ) e nematoide das galhas ( <i>Meloidogyne spp.</i> ) .....	13
2.4. Mal-do-pé do arroz ( <i>Gaeumannomyces graminis var. graminis</i> ) .....	13
2.4.1. Etiologia, sintomas e danos potenciais.....	13
Figura 1. - Ciclo da doença .....	14
Figura 2. — Sistema radicular de planta de arroz com sintomas associados ao mal-do-pé.....	14
2.4.2. Sobrevivência, fontes de inóculo e hospedeiros.....	14
Figura 3. — Restos culturais com sintomas do patógeno do mal-do-pé.....	15
2.4.3. Resistência varietal e implicações para o manejo .....	15
2.5. Identificação e diagnóstico do mal-do-pé .....	15
2.6. Manejo do mal-do-pé: medidas culturais, químicas e integradas.....	15
2.7. Controle biológico: microrganismos antagonistas no manejo do mal-do-pé .....	16
2.7.1. Conceito e mecanismos de ação.....	16
2.7.2. Antagonistas citados e potencial de aplicação .....	17
2.7.3. Estratégias de aplicação de agentes biológicos .....	18
Figura 4. — Realização da pulverização no talhão avaliado.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1. Delineamento do estudo .....	19
3.2. Local do estudo e caracterização da área .....	19

3.3. Histórico do caso e diagnóstico.....	20
3.4. Material biológico, cultivar e tratamentos por safra.....	20
Tabela 1. - Tratamentos biológicos aplicados por safra no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE)..	21
3.5. Materiais e equipamentos.....	21
3.6. Caracterização da ocorrência e intervenção no talhão .....	21
3.7. Variáveis avaliadas e análise dos dados.....	22
Figura 5. - Área tratada com os microrganismos. ....	23
Tabela 2. – Produção de arroz por safra (kg e kg/ha) no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE).....	23
3.8. Limitações metodológicas.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1. Desempenho produtivo por safra e interpretação.....	25
Figura 6. — Gráfico da produção total de arroz por safra no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE)	26
5. CONCLUSÃO .....	27
6. ANEXOS.....	28
Figura 7. — Imagem aérea da área do experimento (talhão avaliado).....	28
Figura 8. — Imagem do Google Earth Pro delimitando a área total do Lote Agrícola 245 e a área do experimento.....	28
Figura 9. — Planta de arroz em estágio de senescência associada ao patógeno (mal-do-pé). ....	29
Figura 10. — Comparação entre panícula com sintomas (esquerda) e panícula saudável (direita) associados ao mal-do-pé.....	30
Figura 11. — Bomba costal elétrica e galões contendo multiplicados utilizados na aplicação ...	30
7. REFERÊNCIAS .....	31

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ciclo da doença .....	pg 14.
<b>Figura 2:</b> Sistema radicular de planta de arroz com sintomas associados ao mal-do-pé.....	pg 14.
<b>Figura 3:</b> Restos culturais com sintomas do patógeno do mal-do-pé.....	pg 15.
<b>Figura 4:</b> Realização da pulverização no talhão avaliado. ....	pg 19.
<b>Figura 5:</b> Área tratada com os microrganismos.....	pg 23.
<b>Figura 6:</b> Gráfico da produção total de arroz por safra no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE) .....	pg 26.
<b>Figura 7:</b> Imagem aérea da área do experimento (talhão avaliado).....	pg 28.
<b>Figura 8:</b> Imagem do Google Earth Pro delimitando a área total do Lote Agrícola 245 e a área do experimento.....	pg 28.
<b>Figura 9:</b> Planta de arroz em estágio de senescência associada ao patógeno (mal-do-pé).....	pg 29.
<b>Figura 10:</b> Comparação entre panícula com sintomas (esquerda) e panícula saudável (direita) associados ao mal-do-pé.....	pg 30.
<b>Figura 11:</b> Bomba costal elétrica e galões contendo multiplicados utilizados na aplicação.....	pg 30.

## LISTAS DE TABELAS

**Tabela 1:** Tratamentos biológicos aplicados por safra no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE).....pg 21.

**Tabela 2:** Produção de arroz por safra (kg e kg/ha) no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE).....pg 23.

## RESUMO

O arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é cultura estratégica para a segurança alimentar e apresenta importância produtiva no Brasil e em Sergipe, especialmente em áreas tradicionais como o Baixo São Francisco. Entretanto, a rizicultura é limitada por doenças, com destaque para o mal-do-pé, causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Ggg), associado a lesões escuras na base do colmo e bainhas, amadurecimento precoce e redução de produtividade. Este trabalho teve como objetivo descrever e analisar o desempenho operacional do uso de microrganismos antagonistas ao fungo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* no manejo do mal-do-pé em arroz irrigado em uma propriedade no Projeto Irrigado Betume, Pacatuba–SE (Lote 245; 3,6036 ha), com área sintomática estimada em 1,1 ha e intervenção em talhão de 1,64 ha. A metodologia foi descritiva e observacional, utilizando como variável quantitativa a produção total (kg) por safra e observações de sintomas em campo. A doença foi identificada inicialmente em 2020/2021, safra em que ocorreu a maior queda produtiva (de 36.310 kg em 2019/2020 para 28.200 kg; -22,3%). Na safra 2024/2025 realizou-se uma aplicação de microrganismos (*Chromobacterium subtsugae*, *Saccharopolyspora spinosa* e *Bacillus subtilis*), com dose de 2 L de multiplicado por 20 L de água, totalizando 180 L de calda, e registrou-se produção de 34.865 kg (-4,0% em relação ao período pré-doença), indicando recuperação gradual do sistema ao longo dos ciclos. Para 2025/2026, a estratégia foi repetida (*Bacillus amyloliquefaciens* e *C. subtsugae*), com safra em andamento. Conclui-se que o uso de microrganismos antagonistas se mostrou viável operacionalmente e coincidente com melhora do desempenho produtivo, porém sem permitir inferência causal devido às limitações do relato de caso (ausência de testemunha, repetições e quantificação padronizada de severidade). Recomenda-se padronizar armazenamento e aplicação, adotar manejo mais preventivo e estruturar estudos futuros com delineamento comparativo e monitoramento sistemático.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arroz irrigado; mal-do-pé; *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*; controle biológico; microrganismos antagonistas.

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) está entre os cereais mais importantes do mundo, com ampla relevância para a segurança alimentar, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical. Sua domesticação é historicamente associada à Ásia, com centros reconhecidos na Índia e na China, e a posterior disseminação global consolidou o cereal como base da alimentação em diversos países. No Brasil, a cultura foi introduzida no período colonial e se adaptou às condições tropicais, com destaque para sistemas irrigados, que assumiram papel expressivo em áreas do Norte e Nordeste (PRABHU; FILIPPI, 2002; PEIXOTO et al., 2014).

No cenário atual, a rizicultura segue apresentando elevada representatividade em escala nacional. Para a safra 2024/25, a produção brasileira foi estimada em 12,76 milhões de toneladas, com indicação de crescimento em relação ao ciclo anterior, associada ao aumento de área e a condições climáticas favoráveis, segundo síntese de levantamento da Conab divulgada em meio especializado (PLANETA ARROZ, 2025). Esses números reforçam a permanência do arroz como cultura estratégica e justificam estudos voltados ao aprimoramento do manejo e à redução de perdas.

Apesar do desempenho produtivo, a cultura do arroz está sujeita a limitações fitossanitárias que podem comprometer rendimento e estabilidade do sistema de cultivo. De modo geral, muitas das principais doenças do arroz possuem etiologia fúngica e estão associadas a perdas econômicas, sobretudo quando as condições ambientais favorecem a infecção e a disseminação do patógeno (umidade elevada e temperaturas amenas a quentes). Assim, a manutenção da produtividade depende do uso consistente de estratégias de manejo integradas, capazes de reduzir a pressão de inóculo e minimizar impactos ao longo do ciclo.

Entre as enfermidades relevantes, destaca-se o mal-do-pé, causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, doença chave deste presente trabalho, preponderante para a redução da safra dos últimos cinco anos, nesta propriedade. A doença se manifesta, principalmente, na base do colmo e nas bainhas, com lesões escuras, podendo estar associada a amadurecimento precoce e redução do desempenho da lavoura (PEIXOTO et al., 2014). Adicionalmente, a permanência do patógeno em restos culturais e a possível participação de hospedeiros alternativos contribuem para a

manutenção do inóculo na área, elevando o risco de recorrência em safras subsequentes (PEIXOTO et al., 2014).

Como perspectiva, a adoção e o aprimoramento de práticas sustentáveis no arroz irrigado (com maior padronização do manejo biológico e rastreabilidade do processo produtivo) pode posicionar Sergipe de forma estratégica para aproveitar oportunidades comerciais abertas pelo acordo Mercosul–União Europeia. Entre elas, destaca-se a previsão de cota de 60 mil toneladas de arroz com tarifa zero para ingresso no mercado europeu, o que tende a favorecer produtos com maior valor agregado e conformidade técnica/ambiental (SOUZA, 2026; UNIÃO EUROPEIA, 2025). Nesse cenário, iniciativas locais voltadas à redução do uso de insumos químicos, organização de calendários fitossanitários e comprovação de boas práticas podem contribuir para diferenciar o “arroz sustentável” e ampliar a competitividade regional em nichos de exportação (SOUZA, 2026).

Dessa forma o controle biológico com microrganismos antagonistas tem ganhado destaque como alternativa sustentável no manejo de doenças radiculares e de base do colmo, com potencial de reduzir a incidência e limitar o estabelecimento do patógeno no agroecossistema (PEIXOTO et al., 2014; PRABHU; FILIPPI, 2002).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo descrever e analisar o desempenho operacional do uso de microrganismos antagonistas no manejo do mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*) em arroz irrigado, no contexto de um relato de caso, relacionando a intervenção com a evolução produtiva do lote.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Arroz irrigado e relevância produtiva em Sergipe**

Em Sergipe, observa-se tendência recente de expansão produtiva. Ano após ano novas áreas são abertas para o plantio, a região produz e entrega resultados por conta da força e dedicação dos agricultores que ali vivem e cultivam suas terras, enfrentam vários problemas em decorrência de uma má administração que os projetos de irrigação responsáveis pela produção do arroz passam, fruto do sucateamento das estruturas que irrigam e drenam o projeto, como também as estradas sucateadas, por falta de investimento público por parte do estado, porém na medida do possível, os produtores organizados na Associação do Perímetro Irrigado Betume – APPIB, administrado por 9 conselheiros, um coordenador e um gerente administrativo, tentam elaborar um

calendário agrícola todo ano antes do início da safra, logo depois das últimas áreas colherem, na entre safra, que vai de abril á maio, o planejamento é que o plantio seja iniciado na segunda quinzena de junho, porém em razão dos problemas provenientes do defasagem dos maquinários e bombas de drenagem esse início de plantio sempre atrasa mais de um mês, pois as várzeas não tem para onde escoar a agua da chuva, pois ás bombas que foram projetadas para realizar esse serviço não estão operacionais, dessa forma o plantio é bastante prejudicado, atrasando o início do calendário, vale ressaltar que o projeto betume, tem 2.800 hectares, subdivididos em vários setores cada setor com em média dez lotes por área, cada setor é liberado considerando as suas respectivas condições técnicas operacionais. O levantamento divulgado pelo governo federal para a safra 2024/2025 indica aumento de 13,3% na produção estadual, passando de 44,5 mil toneladas (2023/24) para 50,4 mil toneladas (2024/25), evidenciando o peso do cereal no conjunto de grãos do estado (BRASIL, 2025). Nesse contexto, áreas tradicionais de cultivo irrigado, como a região do Baixo São Francisco, assumem relevância por concentrarem parte expressiva do sistema produtivo (PRABHU; FILIPPI, 2002; PEIXOTO et al., 2014).

## **2.2. Doenças do arroz e impacto na produtividade e qualidade**

Ao longo do ciclo, a cultura do arroz é vulnerável a doenças capazes de reduzir produtividade e qualidade dos grãos. A ocorrência e severidade das epidemias dependem da interação entre patógeno virulento, ambiente favorável e suscetibilidade da cultivar, sendo descrito um amplo conjunto de doenças associadas ao arroz em diferentes países (SILVA-LOBO; FILIPPI, 2017). Em condições de expansão de área e uniformização de cultivares, pode haver maior risco de epidemias, o que reforça a necessidade de manejo integrado para que as cultivares expressem seu potencial produtivo (SILVA-LOBO; FILIPPI, 2017). Atualmente não é encontrado artigos relacionados a produção, sistematização de arroz em Sergipe, porém as doenças e pragas que são recorrentes nas regiões produtoras de arroz no sul do país também são encontradas aqui, como brusone, mancha parda, escaldadura, falso carvão, carvão verdadeiro, complexo de lagartas e percevejos, todos esses problemas limitam a capacidade do material genético da semente possa expressar.

## **2.3. Principais doenças associadas ao arroz irrigado**

### **2.3.1. Brusone (*Magnaporthe oryzae*)**

A brusone está entre as doenças mais relevantes do arroz e pode causar danos severos quando o ambiente favorece o patógeno. No campo, inicia com pequenos pontos castanhos que evoluem para lesões típicas, elípticas, com centro acinzentado e bordas marrons; quando numerosas, podem coalescer e provocar queima e morte de folhas, comprometendo o desenvolvimento da planta e o rendimento final (SILVA-LOBO; FILIPPI, 2017).

### **2.3.2. Mancha-parda (*Bipolaris oryzae*) e queima das bainhas (*Rhizoctonia solani*)**

Em sistemas irrigados, doenças foliares e de bainha tendem a ser favorecidas pelo microclima mais úmido do dossel. A mancha-parda pode reduzir a fotossíntese e o vigor das plantas, enquanto a queima das bainhas tem sido associada à intensificação do cultivo e à necessidade de integração de medidas (culturais e biológicas) quando o controle químico é limitado (BATISTA, 2024).

### **2.3.3. Carvão-da-folha (*Entyloma oryzae*) e nematoide das galhas (*Meloidogyne spp.*)**

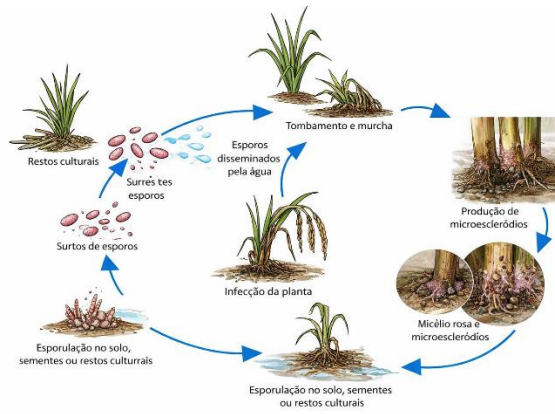
Embora algumas doenças tenham menor impacto econômico médio, podem se tornar relevantes quando recorrentes, justificando ações preventivas e bom diagnóstico. O carvão-da-folha pode afetar folhas e causar perdas em áreas de recorrência; já o nematoide das galhas compromete o sistema radicular, reduzindo a absorção de água e nutrientes, e demanda manejo integrado, incluindo rotação de culturas e uso de materiais resistentes (SILVA-LOBO; FILIPPI, 2017; BATISTA, 2024).

## **2.4. Mal-do-pé do arroz (*Gaeumannomyces graminis var. graminis*)**

### **2.4.1. Etiologia, sintomas e danos potenciais**

O mal-do-pé do arroz é causado por *Gaeumannomyces graminis var. graminis* e se expressa por lesões escuras (marrom a preta) na bainha e na base do colmo. O comprometimento da região basal e do sistema radicular pode resultar em enfraquecimento da planta e perda de desempenho produtivo, tornando a doença estratégica para programas de manejo em arroz irrigado, especialmente em áreas irrigadas (PEIXOTO et al., 2014).

**Figura 1.** - Ciclo da doença



**Fonte:** Arquivo próprio

**Figura 2.** — Sistema radicular de planta de arroz com sintomas associados ao mal-do-pé.



**Fonte:** Acervo do autor.

#### **2.4.2. Sobrevivência, fontes de inóculo e hospedeiros**

A persistência do patógeno é crítica para a manutenção do problema entre safras. Em arroz, o fungo pode sobreviver em restos culturais e, possivelmente, em hospedeiros alternativos, elevando o risco de novas infecções ao longo dos ciclos de cultivo (PEIXOTO et al., 2014). Ensaio também indicam que gramíneas daninhas comuns em áreas de arroz podem atuar como hospedeiras potenciais e que diferentes cereais apresentam graus variados de suscetibilidade, o que amplia a relevância do manejo do sistema produtivo (PEIXOTO et al., 2014).

**Figura 3.** — Restos culturais com sintomas do patógeno do mal-do-pé.



**Fonte:** Acervo do autor.

#### **2.4.3. Resistência varietal e implicações para o manejo**

A resistência genética é um componente importante no controle de doenças, porém a resposta varietal ao mal-do-pé pode ser limitada e variável. Avaliações de genótipos de arroz indicam diferenças no grau de resistência, sustentando a necessidade de combinar resistência varietal com outras estratégias, sobretudo em áreas com histórico de ocorrência (PEIXOTO et al., 2014; WALKER, 1981).

#### **2.5. Identificação e diagnóstico do mal-do-pé**

O sucesso do manejo depende de identificação adequada no campo e confirmação quando necessário. Sintomas iniciais podem ser confundidos com deficiências nutricionais ou estresse hídrico; por isso, recomenda-se inspeção da base do colmo, bainhas e raízes, além de exames laboratoriais para confirmação quando houver dúvida (SILVA-LOBO; FILIPPI, 2017; PEIXOTO et al., 2014). Técnicas de laboratório e, quando disponíveis, abordagens moleculares podem aumentar a precisão diagnóstica e apoiar decisões de manejo.

#### **2.6. Manejo do mal-do-pé: medidas culturais, químicas e integradas**

Em patógenos associados ao solo, medidas culturais têm papel central para reduzir inóculo e desfavorecer o estabelecimento do fungo. Práticas como drenagem

adequada, rotação de culturas e manejo de plantas daninhas contribuem para diminuir a pressão do patógeno no sistema. Embora fungicidas possam ser utilizados em determinados contextos, cresce a preocupação com custos, impactos ambientais e limitações de eficácia, reforçando a abordagem de manejo integrado (BATISTA, 2024; SILVA-LOBO; FILIPPI, 2017).

## **2.7. Controle biológico: microrganismos antagonistas no manejo do mal-do-pé**

### **2.7.1. Conceito e mecanismos de ação**

O controle biológico baseia-se no uso de microrganismos antagonistas capazes de reduzir fitopatógenos do solo por diferentes mecanismos, incluindo competição por nutrientes e sítios, antibiose (produção de metabólitos antimicrobianos), produção de enzimas que degradam estruturas fúngicas e indução de resistência em plantas. Essa abordagem tende a reduzir a dependência de fungicidas e a fortalecer estratégias sustentáveis de manejo (PRABHU; FILIPPI, 2002; PEIXOTO et al., 2014).

Em particular, cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* têm sido destacadas por produzirem metabólitos secundários com ação antifúngica, sobretudo lipopeptídeos (iturina, surfactina e fengicina), frequentemente apontados como determinantes da inibição de fungos fitopatogênicos. Esses compostos podem atuar por alteração da permeabilidade e desorganização de membranas celulares fúngicas, além de contribuir para respostas de defesa induzidas na planta, ampliando o espectro e a estabilidade do biocontrole em diferentes patossistemas (ABREU et al., 2022).

A escolha do agente biológico no manejo do mal-do-pé deve considerar que o efeito depende da cepa, do modo de aplicação e da capacidade de colonização do ambiente radicular. Nesse sentido, cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) são exemplos bem documentados de microrganismos com recomendação agronômica, com resultados consistentes em campo quando aplicadas isoladamente ou em mistura (BiomaPhos®), sobretudo por contribuírem para maior eficiência do sistema solo-planta e melhor resposta produtiva em condições comerciais; no material técnico, inclusive, destaca-se o uso combinado por reunirem propriedades complementares (B119 com atuação rizosférica e B2084 com comportamento endofítico), o que reforça o racional de “cepa certa + posicionamento correto + resposta agronômica” (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2020).

No caso de *Bacillus amyloliquefaciens*, a literatura aponta mecanismos compatíveis com biocontrole e maior estabilidade em diferentes patossistemas, especialmente pela

produção de metabólitos com atividade antifúngica (como lipopeptídeos) e por efeitos indiretos via vigor e respostas de defesa (ABREU et al., 2022). Além disso, quando se considera o impacto prático em lavouras sob estresse, estudos com a cepa BV03 mostram que a inoculação pode atenuar danos fisiológicos em condição limitante (déficit hídrico), preservando variáveis associadas à manutenção do estado hídrico e do desempenho fotossintético; isso sustenta o argumento agrônomico de que plantas mais vigorosas e menos estressadas tendem a sofrer menor impacto relativo de doenças radiculares no sistema (SILVA, 2019).

Por sua vez, *Chromobacterium subtsugae* aparece nos seus materiais como microrganismo de interesse agrícola principalmente sob o ponto de vista de viabilidade de produção/multiplicação e dinâmica microbiana. Ensaio laboratoriais demonstram que é possível multiplicar *B. amyloliquefaciens* e *C. subtsugae* em meio alternativo, com desempenho comparável ao meio padrão e com indicação de concentrações economicamente mais viáveis, o que é útil para justificar tecnicamente a produção e o uso de biomassa microbiana (DINAS et al., 2025).

Complementarmente, discussões sobre sinalização microbiana e cocultivos (quorum sensing) dão base para interpretar que a performance e a estabilidade de microrganismos podem variar conforme condições do meio e interações, reforçando a necessidade de padronização e controle na produção e no uso (CARDOSO, 2025).

### **2.7.2. Antagonistas citados e potencial de aplicação**

Bactérias como *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Chromobacterium subtsugae* são citadas como promissoras por atuarem via competição e produção de substâncias antimicrobianas, além de potencial contribuição ao vigor radicular e à tolerância da planta sob estresse biótico (PEIXOTO et al., 2014; SANTOS et al., 2018). Também se menciona *Saccharopolyspora spinosa* como microrganismo associado à produção de compostos bioativos e com potencial de uso em estratégias de biocontrole (WANDER, 2013; ABREU et al., 2022). Esses microrganismos benéficos vêm ganhando espaço na agricultura como estratégia de biofertilização e biocontrole, com destaque para bactérias do gênero *Bacillus*, capazes de colonizar a rizosfera, competir por nutrientes e sítios e modular a resposta de defesa da planta. Em revisões

recentes, *Bacillus amyloliquefaciens* é descrito como agente de amplo espectro devido à produção de metabólitos secundários com ação antimicrobiana, especialmente lipopeptídeos cíclicos como surfactina, iturina e fengicina, além de outros compostos (por exemplo, bacilomicina e sideróforos) que favorecem a supressão de fitopatógenos e a competitividade no solo (LUO et al., 2022; ABREU et al., 2022). Complementarmente, trabalhos acadêmicos relatam que cepas de *Bacillus subtilis* também apresentam potencial de aplicação agrícola por sintetizarem diferentes classes de metabólitos bioativos, reforçando o interesse em formulações biológicas e em programas de manejo integrado (SILVA, 2024).

Além de *Bacillus*, outras espécies e produtos microbianos são relevantes no manejo agrícola. Em sistemas de controle de patógenos, há evidências de que *B. subtilis* pode atuar contra oomicetos como *Phytophthora palmivora* por mecanismos como antibiose e produção de enzimas líticas, reduzindo o desenvolvimento do patógeno (CASTRO JUNCO, 2022). No caso de *Chromobacterium subtsugae*, características associadas à competição e sobrevivência (incluindo rotas de metabólitos como a violaceína) podem ser reguladas por quorum sensing, o que ajuda a explicar variações de desempenho e orienta estratégias de otimização de uso (DERYABIN et al., 2025). Já *Saccharopolyspora spinosa* é importante por originar espinosinas (base do spinosad), bioinseticidas usados no MIP; esses metabólitos atuam no sistema nervoso de insetos e são empregados em programas de compatibilidade e seletividade com inimigos naturais (GIANGRECCO, 2024).

### **2.7.3. Estratégias de aplicação de agentes biológicos**

Para maximizar a eficácia de agentes biológicos, recomenda-se observar dose, modo de aplicação e condições ambientais, pois temperatura elevada e baixa umidade podem reduzir a viabilidade microbiana. Em geral, aplicações no início da manhã ou de preferência no final da tarde são consideradas mais favoráveis por combinarem temperaturas mais amenas e maior umidade relativa. A pulverização deve buscar cobertura uniforme, com atenção às regiões próximas ao solo, e o monitoramento pós-aplicação é necessário para ajustar a estratégia conforme pressão da doença (SANTOS et al., 2018; WANDER, 2013).

**Figura 4.** — Realização da pulverização no talhão avaliado.



**Fonte:** Acervo do autor.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Delineamento do estudo**

O presente trabalho configura-se como um relato de caso (estudo descritivo e observacional), com avaliação quantitativa baseada na produção total (kg) por safra e avaliação qualitativa por observação rotineira de sintomas em campo. O foco foi descrever a utilização de microrganismos antagonistas no manejo do mal-do-pé do arroz, causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Ggg), em sistema de arroz irrigado.

#### **3.2. Local do estudo e caracterização da área**

O estudo foi conduzido no Projeto Irrigado Betume, povoado Ponta de Areia, município de Pacatuba–SE, no Lote Agrícola 245 (titular: Ana Rita dos Santos), nas coordenadas geográficas latitude 10°26'44.19"S e longitude 36°35'44.59"O. Conforme o Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR), a área total do Lote 245 é de 3,6036 ha.

A propriedade vem sendo plantada a vários anos consecutivos, porém a ocorrência da doença foi diagnosticada na safra 20/21, desde os tratos culturais veem sendo usados os mesmos ano pós ano, plantio de setembro a novembro, mediante calendário, as cultivares

usadas variam, não usamos uma única cultivar, já plantamos; SCS121 CL, SCS117 CL, BRS CATIANA, IRGA 424 e a última utilizada foi a OS 902 CL, depois da colheita deixamos a área em pousio ou colocamos bovinos para pastejar nós restos culturais, porém com a chegada da época chuvosa as áreas voltam a encherem e é iniciado a perfilharem novamente, esse processo de uma safra para outra leva de 6 a 8 meses, ficando esse tempo todo de pousio.

### **3.3. Histórico do caso e diagnóstico**

A ocorrência do mal-do-pé foi identificada na safra 2020/2021, período em que se registrou maior severidade do problema. A introdução do inóculo foi atribuída, com base em evidência observacional local, a um córrego de drenagem proveniente de propriedade vizinha.

A área com ocorrência do patógeno foi demarcada no Google Earth Pro, totalizando 1,1 ha (30,5% da área do lote). As aplicações dos microrganismos foram realizadas em um talhão de 1,64 ha, abrangendo a área com sintomas e uma faixa adjacente (bordadura operacional), visando reduzir

O sintoma característico acompanhado consistiu em lesões de coloração escura ou preta na bainha, na base do colmo, no primeiro e segundo nós e nos entrenós, podendo ocorrer amadurecimento precoce dos grãos e morte de perfilhos em plantas afetadas. Para suporte técnico e definição de alternativas de manejo, foi consultado o Prof. Dr. Paulo Roberto Gagliardi (Fitopatologia/Universidade Federal de Sergipe).

### **3.4. Material biológico, cultivar e tratamentos por safra**

A cultivar utilizada foi 902 CL. O material biológico (multiplicado) foi fornecido pela empresa Bioworld Soluções Regenerativas. Na safra 2024/2025 foram empregados *Chromobacterium subtsugae*, *Saccharopolyspora spinosa* e *Bacillus subtilis*. Na safra 2025/2026 (em andamento), também foi realizada a aplicação de microrganismos, utilizando-se *Bacillus amyloliquefaciens* e *Chromobacterium subtsugae*.

Foi realizado o preparo do solo com grade, enxada rotativa e nivelamento com pranchão, visando estande final de 350 a 400 plantas m<sup>-2</sup> (≈ 3,5 a 4,0 milhões de plantas ha<sup>-1</sup>), com valor médio estimado de 3.750.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada na taxa de **150**

kg ha<sup>-1</sup> de sementes.

A adubação de base e cobertura totalizou 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 45 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas aplicações de inseticidas, fungicidas e fertilizantes foliares, conforme necessidade de manejo. Para o controle de plantas daninhas foram utilizados os herbicidas Nominee, Clincher, Kifix e U 46. No manejo de insetos-praga, utilizaram-se os inseticidas Bold, Engeo Pleno e Lannate, com adjuvantes MS-Cana e Peso+ quando indicado. Para o manejo fitossanitário de doenças, foram aplicados os fungicidas Nativo e Bim Max.

**Tabela 1. - Tratamentos biológicos aplicados por safra no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE).**

SAFRA	DATA APLICAÇÃO	DA MICRORGANISMOS UTILIZADOS	OBSERVAÇÕES
2024/2025	12/12/2024	<i>Chromobacterium subtsugae</i> ; <i>Saccharopolyspora spinosa</i> ; <i>Bacillus subtilis</i>	1 aplicação; período da tarde; estágio V4–V6
2025/2026 (ATUAL)	17/01/2026	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> ; <i>Chromobacterium subtsugae</i>	Mesmo método operacional da safra anterior

**Fonte:** Dados do autor.

### 3.5. Materiais e equipamentos

Foram utilizados: (i) bomba costal elétrica de 20 L; (ii) bico tipo cone; (iii) galão de 20 L para transporte do multiplicado; (iv) béquer de 1 L para dosagem do multiplicado; e (v) Google Earth Pro para demarcação e quantificação das áreas (ha).

### 3.6. Caracterização da ocorrência e intervenção no talhão

A área com ocorrência do mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* – Ggg) no Lote Agrícola 245, no Perímetro Irrigado do Betume (Pacatuba–SE), foi delimitada por georreferenciamento, totalizando 1,1 ha (30,5% da área total do lote: 3,6036 ha. A doença foi identificada inicialmente na safra 2020/2021, com maior severidade relatada nesse ciclo, sendo a entrada de inóculo associada, por evidência observacional de campo, a um córrego de drenagem proveniente de área vizinha. Os sintomas acompanhados foram

compatíveis com a enfermidade, destacando-se lesões escuras a pretas na bainha e na base do colmo, atingindo nós e entrenós, com potencial de amadurecimento precoce e morte de perfilhos.

A aplicação foi realizada no período da tarde no dia 12 de dez. de 2024, com a cultura em estágio V4–V6 empregando-se volume total de 180 L de calda ( $\approx 109,8$  L/ha) dose operacional de 2 L do multiplicado/20 L de água (v/v), totalizando 180 L de calda ( $\approx 109,8$  L ha<sup>-1</sup>). Na safra 2024/2025 adotou-se o manejo biológico com microrganismos potencialmente antagonistas (*Chromobacterium subtsugae*, *Saccharopolyspora spinosa* e *Bacillus subtilis*), aplicado em um talhão de 1,64 ha, utilizando bomba costal elétrica de 20 L e bico tipo cone. Na safra 2025/2026 (em andamento), repetiu-se a estratégia de aplicação (17/01/2026), mantendo o método operacional, com ajuste do consórcio para *Bacillus amyloliquefaciens* e *Chromobacterium subtsugae* (cultivar 902 CL).

### **3.7. Variáveis avaliadas e análise dos dados**

O parâmetro quantitativo utilizado foi a produção total (kg) por safra, comparando-se o período anterior ao aparecimento da doença (2019/2020) com as safras subsequentes, como podemos observar na tabela 2. Adicionalmente, foram registrados aspectos visuais no dia a dia da lavoura, considerando a presença e evolução aparente de sintomas.

A análise foi descritiva, por se tratar de relato de caso, sem implantação de delineamento experimental com parcelas, repetições e controle na mesma safra.

**Figura 5.** - Área tratada com os microrganismos.



**Fonte:** Acervo do autor.

**Tabela 2.** – Produção de arroz por safra (kg e kg/ha) no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE).

<b>SAFRA</b>	<b>PRODUÇÃO TOTAL (KG)</b>	<b>PRODUÇÃO (KG/HA)</b>	<b>DIFERENÇA VS. 2019/2020 (KG)</b>	<b>DIFERENÇA VS. 2019/2020 (%)</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
<b>2019/2020</b>	36.310	10.076,0	0	0.0	Safra anterior ao mal-do-pé
<b>2020/2021</b>	28.200	7.825,5	-8110	-22.3	Início do patógeno; maior severidade relatada
<b>2021/2022</b>	30.800	8.547,0	-5510	-15.2	
<b>2022/2023</b>	32.100	8.907,8	-4210	-11.6	
<b>2023/2024</b>	33.400	9.268,5	-2910	-8.0	

2024/2025	34.865	9.675,0	-1445	-4.0	Safra com aplicação de microrganismos
2025/2026	—	—	—	—	Safra em andamento (aplicação em 17/01/2026)

**Fonte:** Dados do autor.

### 3.8. Limitações metodológicas

Por se tratar de um relato de caso, os resultados apresentam limitações quanto à generalização, podendo refletir condições específicas do Lote Agrícola 245 e dos ciclos analisados. Além disso, não foram empregadas escalas diagramáticas padronizadas para quantificação de incidência e severidade, o que restringe a comparabilidade direta com outros estudos e reforça a necessidade de investigações futuras com maior controle experimental e padronização de avaliações.

Para contextualizar a influência ambiental, utilizaram-se dados meteorológicos do INMET (Estação Meteorológica Automática Brejo Grande – A421, a mais próxima do Lote Agrícola 245) no período de 01/06/2024 a 31/05/2025. Os registros caracterizaram um ambiente predominantemente quente e úmido, com temperatura média de 26,4 °C (mín. 18,9 °C; máx. 33,5 °C) e umidade relativa média de 82,9% (mín. 50%; máx. 100%). Observou-se ainda elevada frequência de umidade alta, com 50,7% das horas válidas apresentando UR  $\geq$  85% e 31,9% com UR  $\geq$  90%, indicando condições potencialmente favoráveis ao aumento da pressão de doenças em sistemas irrigados.

Esse padrão climático é relevante para a interpretação do mal-do-pé no arroz, pois a expressão da doença tende a ser intensificada quando temperaturas elevadas se combinam com alta umidade e, principalmente, quando essas condições ocorrem de forma persistente. Assim, mais do que episódios pontuais de umidade alta, a manutenção de longos períodos com UR elevada pode contribuir para maior atividade do patógeno e para perdas mais

expressivas quando a lavoura está submetida a fatores predisponentes, como estresse radicular, heterogeneidade do ambiente e competição com plantas daninhas.

Adicionalmente, o uso da área na entressafra constitui um componente importante a ser considerado. No Lote 245, registrou-se histórico de pasto e pousio, com presença de tiguera de arroz por aproximadamente oito meses, associado a encharcamento por cerca de três meses e elevada ocorrência de plantas daninhas típicas de arroz irrigado. Esse cenário pode favorecer a manutenção de hospedeiros e a “ponte verde”, elevando a pressão de inóculo e dificultando a quebra do ciclo do patógeno, especialmente quando coincide com um ambiente climático favorável, como o observado para a estação de referência.

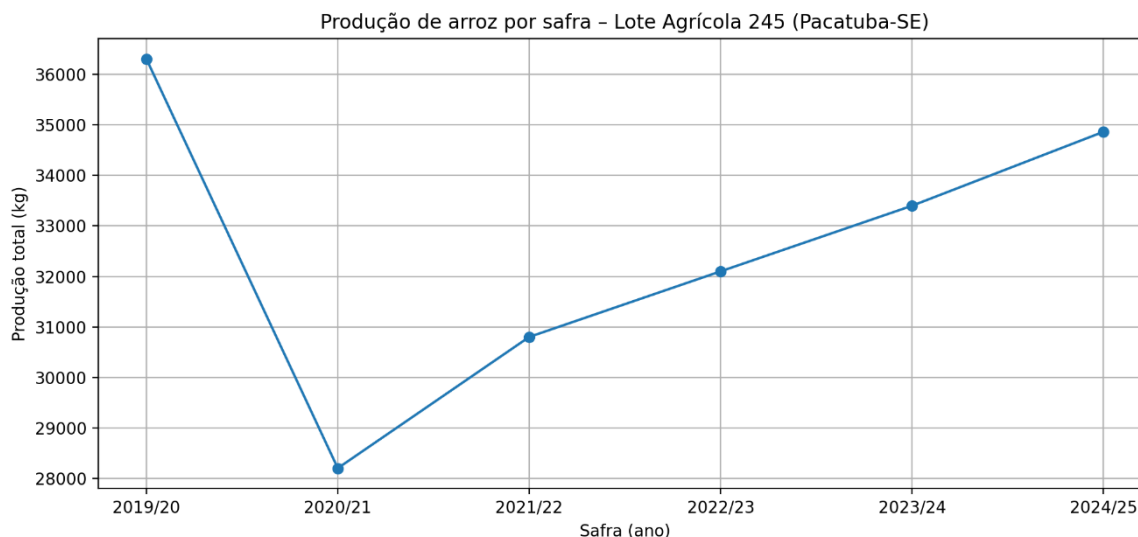
## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Desempenho produtivo por safra e interpretação**

A variável quantitativa utilizada para comparação entre safras foi a produção total (kg) do Lote Agrícola 245. Observou-se redução expressiva no ciclo 2020/2021, coincidente com o primeiro registro do patógeno e maior severidade relatada, seguida de recuperação gradual nos ciclos subsequentes, aproximando-se do patamar pré-doença em 2024/2025. Tomando-se 2019/2020 como referência (pré-mal-do-pé), houve queda de 22,3% em 2020/2021 (36.310 para 28.200 kg), com incremento progressivo até 34.865 kg em 2024/2025 (diferença de -4,0% em relação ao pré-doença). Entre 2020/2021 e 2024/2025, o ganho foi de 23,6%, indicando recuperação do desempenho produtivo do sistema.

Esse comportamento é compatível com a dinâmica de doenças radiculares em arroz, nas quais o primeiro ciclo de ocorrência tende a concentrar maiores perdas por ausência de medidas específicas de mitigação e possível maior predisposição do sistema naquele ano. Em arroz irrigado, a severidade e o impacto do mal-do-pé podem ser potencializados por instabilidade na lâmina d'água e maior estresse radicular (por exemplo, atrasos na formação da lâmina, variações de umidade e condições que favoreçam maior oxigenação do solo), além de fatores de manejo e fertilidade que reduzem o vigor das plantas. A recuperação gradual nos ciclos seguintes sugere adaptação do sistema de produção, com ajustes de manejo (especialmente maior regularidade da irrigação/nivelamento, equilíbrio nutricional e práticas de redução de inóculo), reduzindo o dano econômico mesmo com a provável permanência do patógeno no ambiente.

**Figura 6.** — Gráfico da produção total de arroz por safra no Lote Agrícola 245 (Pacatuba–SE)



**Fonte:** Dados do autor.

Do ponto de vista fitossanitário, a redução abrupta no ano de entrada do patógeno e a recuperação parcial ao longo dos ciclos podem ser interpretadas como compatíveis com a dinâmica de doenças de solo e de base do colmo em ambientes irrigados, nas quais a pressão inicial de inóculo pode gerar perdas importantes, e a evolução posterior depende da interação entre fonte de inóculo, ambiente e manejo. A aplicação de microrganismos na safra 2024/2025 coincide com a maior aproximação do rendimento ao período pré-doença; entretanto, por se tratar de relato de caso (sem testemunha na mesma safra, sem repetições e sem quantificação padronizada de incidência/severidade), não é possível inferir efeito causal do biocontrole, dado o delineamento observacional e a ausência de testemunha e repetições. Ainda assim, biologicamente, a utilização de antagonistas é plausível por mecanismos como colonização da rizosfera, competição, antibiose e produção de metabólitos bioativos, o que justifica a continuidade e o aprimoramento do protocolo.

Cabe ressaltar que a eficiência observada poderia ser ampliada caso o controle fosse adotado de forma mais preventiva, antes da expressão visível dos sintomas, e supressão de possíveis hospedeiros do patógeno, por exemplo a família Poaceae. Além disso, a estratégia pode ser otimizada mediante a elaboração de calendários fitossanitários integrados, contemplando não apenas o mal-do-pé, mas também doenças recorrentes do arroz irrigado, como brusone, mancha-parda, escaldadura, falso-carvão e carvão verdadeiro, bem como pragas-chave do sistema. No manejo operacional, o atraso na multiplicação e a logística de armazenamento podem reduzir a viabilidade e o desempenho dos microrganismos, tornando recomendável padronizar condições de armazenamento (especialmente temperatura) e

restringir a aplicação a janelas ambientais favoráveis. Como proposta de padronização para futuras safras, sugere-se um esquema com três momentos de aplicação: (i) V3–V4, (ii) V8–V10 e (iii) R0–R3, visando ampliar a colonização e manter atividade biológica ao longo do ciclo, aumentando a assertividade do controle e a estabilidade de resposta do sistema.

Por fim, este relato pode servir como base para estudos adicionais em campo e laboratório, com delineamentos mais robustos (área testemunha, repetições, escala diagramática e pontos fixos de avaliação), além de incentivar ações de monitoramento mais técnico e sistemático por instituições públicas e de assistência, visando reduzir riscos de disseminação e mitigar perdas na cadeia produtiva do arroz na região.

## **5. CONCLUSÃO**

O relato de caso no Lote Agrícola 245, evidenciou que a introdução do mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis var. graminis*) na safra 2020/2021 coincidiu com queda expressiva da produção total em relação ao ciclo pré-doença (2019/2020), seguida de recuperação gradual nas safras subsequentes. Na safra 2024/2025, com a adoção do manejo biológico por microrganismos antagonistas em talhão de 1,64 ha, a produção aproximou-se do patamar pré-ocorrência, reduzindo a diferença para cerca de 4% em relação a 2019/2020, embora a interpretação de efeito deva ser cautelosa devido às limitações inerentes ao delineamento de relato de caso.

Os resultados reforçam a viabilidade operacional do uso de microrganismos no sistema irrigado e indicam que a eficiência pode ser aprimorada com a adoção de estratégias preventivas, padronização do preparo e armazenamento do multiplicado, definição de janelas adequadas de aplicação e construção de calendários fitossanitários integrados para doenças e pragas do arroz. Recomenda-se, para as próximas safras, avaliar um protocolo com aplicações em V3–V4, V8–V10 e R0–R3, acompanhado por monitoramento sistemático de incidência e severidade, comparação com área testemunha e registro detalhado de volume de calda e número de aplicações. Assim, espera-se contribuir para resultados mais precisos e conclusivos e para o fortalecimento do monitoramento fitossanitário regional, reduzindo impactos sobre a cadeia produtiva do arroz.

## 6. ANEXOS

**Figura 7.** — Imagem aérea da área do experimento (talhão avaliado).



**Fonte:** Acervo do autor.

**Figura 8.** — Imagem do Google Earth Pro delimitando a área total do Lote Agrícola 245 e a área do experimento.



**Fonte:** Google Earth Pro. Elaboração do autor.

**Figura 9.** — Planta de arroz em estágio de senescência associada ao patógeno (mal-do-pé).



**Fonte:** Acervo do autor.

**Figura 10.** — Comparação entre panícula com sintomas (esquerda) e panícula saudável (direita) associados ao mal-do-pé.



**Fonte:** Acervo do autor.

**Figura 11.** — Bomba costal elétrica e galões contendo multiplicados utilizados na aplicação.



**Fonte:** Acervo do autor.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABREU, Luciana de Paiva Santos; MARTINAZZO, Ana Paula; TEODORO, Carlos Eduardo de Souza; BERBERT, Pedro Amorim. Alternativa sustentável de uso de *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungos fitopatogênicos: uma revisão. *Revista de Ciências Ambientais*, Canoas, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2022. DOI: 10.18316/rca.v16i1.8339.
- BATISTA, D. J. Doenças da cultura do arroz irrigado. 2024. Disponível em: <https://www.core.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- BRANDÃO, Camilo Rafael Pereira. Cadeia produtiva do arroz no Baixo São Francisco sergipano: modelo metodológico integrado dos aspectos sociais e ambientais. 2024. 279 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024.
- BRANDÃO, Camilo Rafael Pereira; SOUSA, Inajá Francisco de. Avaliação da pegada hídrica da rizicultura no Baixo São Francisco Sergipano. *RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 17, n. 5, p. 1-16, e03436, 2023. DOI: 10.24857/rgsa.v17n5-022.
- BRASIL. Secretaria de Comunicação Social. Sergipe amplia área produtiva e produtividade e chega a 1,1 milhão de toneladas de grãos na safra 24/25. Brasília, DF: Secom, 12 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias-regionalizadas/safra-de-graos-2024-2025/sergipe-amplia-area-produtiva-e-produtividade-e-chega-a-1-1-milhao-de-toneladas-de-graos-na-safra-24-25>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- CARDOSO, Jackelyne Panta. Dinâmica de quorum sensing e produção de violaceína em cocultivos de *Chromobacterium subtsugae* e *Bacillus*. 2025. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) — Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2025. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/23396>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- CNPAF (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO). Doenças do arroz no Brasil: diagnóstico e controle. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017.
- DINAS, Sophia Santos Eleftherios; SILVA, Gabriel Amorim de Albuquerque; OLIVEIRA, Maria Clara Barbosa; DIAS, Kayo César Fernandes Pereira; SOUZA, Igor Juliano da Silva; SILVA, Edilania Pereira da; BRAULIO, Caliane da Silva; SANTOS, Adailson Feitoza de Jesus. Desenvolvimento e avaliação de meio de cultura alternativo para a multiplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Chromobacterium subtsugae*. 2025. DOI: 10.37885/250318975. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/250318975.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- FAO. Produção mundial de arroz 2015-2017. Roma: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2015.
- OLIVEIRA-PAIVA, Christiane Abreu de; MARRIEL, Ivanildo Evódio; GOMES, Eliane Aparecida; COTA, Luciano Viana; SANTOS, Flávia Cristina dos; SOUSA, Sylvia Morais de; LANA, Ubiraci Gomes de Paula; OLIVEIRA, Maycon Campos; MATTOS, Bianca Braz; ALVES, Vera Maria Carvalho; RIBEIRO, Vitória Palhares; VASCO JUNIOR, Reinaldo. Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. Sete Lagoas, MG: Embrapa

- Milho e Sorgo, 2020. (Circular Técnica, 260). Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1120362>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- PEIXOTO, C. do N.; OTTONI, G. F.; SILVA-LOBO, V. L.; FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Mal-do-pé do arroz: hospedeiros e resistência varietal a *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 318-324, jul./set. 2014.
- PLANETA ARROZ. Safra de arroz 2024/25 é a quarta maior da história do Brasil. *Planeta Arroz*, 12 set. 2025. Disponível em: <https://planetaarroz.com.br/safra-de-arroz-2024-25-e-a-quarta-maior-da-historia-do-brasil/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- PRABHU, Anne Sitarama; FILIPPI, Marta Cristina Corsi de. Ocorrência do mal-do-pé causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, uma nova enfermidade em arroz no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, n. 4, p. 417-419, jul./ago. 2002. Disponível em:  
<https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1120362/Description>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- SILVA, Maria Clara de Andrade Pereira da. Impacto da inoculação com cepas da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 sobre os processos fisiológicos de soja exposta à seca. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) — Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2019. Disponível em:  
<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/716>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- SOUZA, Caroline. Carnes, arroz, soja e café: os setores beneficiados com o acordo Mercosul-UE. *Correio do Povo*, 17 jan. 2026. Disponível em:  
<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/economia/carnes-arroz-soja-e-cafe-os-setores-beneficiados-com-o-acordo-mercosul-ue-1.1682081>. Acesso em: 4 fev. 2026.
- SOUZA, Inajá Francisco de. O cultivo de arroz no Baixo São Francisco e sua importância econômica. São Cristóvão, SE: Universidade Federal de Sergipe, 2021.
- UNIÃO EUROPEIA. Comissão Europeia. EU–Mercosur partnership agreement: opening opportunities for European farmers (factsheet). 2025. Disponível em:  
[https://policy.trade.ec.europa.eu/eu-trade-relationships-country-and-region/countries-and-regions/mercosur/eu-mercosur-agreement/factsheet-eu-mercosur-partnership-agreement-opening-opportunities-european-farmers\\_en](https://policy.trade.ec.europa.eu/eu-trade-relationships-country-and-region/countries-and-regions/mercosur/eu-mercosur-agreement/factsheet-eu-mercosur-partnership-agreement-opening-opportunities-european-farmers_en). Acesso em: 4 fev. 2026.
- WALKER, J. Taxonomy of take-all fungi and related genera and species. In: ASHER, M. J. C.; SHIPTON, P. J. (eds.). *Biology and control of take-all*. London: Academic Press, 1981.
- WANDER, Silvia; SILVA, José. *Agricultura irrigada no estado de Sergipe: perspectivas e desafios*. Aracaju, SE: Editora Sergipe, 2013.