



ACTINOBACTÉRIAS COMO AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO DE FITOPATÓGENOS DE TRIGO

João Paulo Ventura¹, Ana Gabriele Barbosa Castieliani², Harold Alexander Vargas Hoyos³,
Suikinai Nobre Santos⁴, Itamar Soares Melo⁵

Nº 18406

RESUMO – O trigo (*Triticum aestivum* L) constitui uma das principais culturas de importância agrícola para o Brasil. Contudo, a ocorrência de doenças como a brusone, tem limitado a produtividade dessa cultura nas regiões produtoras. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de uma linhagem *Streptomyces* sp. CMAA 1647, uma actinobactéria, no controle biológico de fungos fitopatogênicos, principalmente, *Pyricularia grisea*, agente causal da brusone. A linhagem modelo deste trabalho, *Streptomyces* sp. CMAA 1647, foi isolada a partir de solos supressivos à brusone e previamente selecionada por inibir o crescimento do agente causal. O potencial de antagonismo da linhagem CMAA 1647 foi avaliado pela técnica de pareamento direto contra os seguintes fitopatógenos: *Phoma caricae papaya*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium graminearum*, *Colletotricum gloeosporioides*, *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pyricularia grisea*, *Phytophthora sojae*, *Fusarium solani*; *Bipolaris sorokiniana*. Os resultados revelaram que a linhagem CMAA 1647 apresenta potencial antagônico contra 55% dos fungos testados. Adicionalmente, os compostos presentes no extrato bruto produzidos por essa bactéria inibiu o desenvolvimento da *P. grisea* e *B. sorokiniana*. Os tratamentos de sementes de trigo com propágulos de *Streptomyces* sp. CMAA 1647 demonstraram o potencial controle in vitro de patógenos que atacam sementes, assim como apresentaram indícios de mecanismos diretos ou indiretos que auxiliam no processo de germinação e na promoção do crescimento de plantas de trigo. Diante desses resultados, propõe-se que pesquisas sobre formulação sejam desenvolvidas para aumento de produção e controle biológico de patógenos à cultura de trigo utilizando a linhagem modelo como ativo biológico.

Palavras-chaves: *Streptomyces*, solos supressivos, brusone, atividade antifúngica, tratamento de sementes

1 Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Ambiental UNIFAJ, Jaguariúna-SP; venturajp@outlook.com

2 Colaboradora, Mestrado em Microbiologia Agrícola, ESALQ-USP, Piracicaba-SP.

3 Doutorando em Microbiologia Agrícola, ESALQ-USP, Piracicaba-SP.

4 Colaboradora, Fundação André Tosello, Campinas-SP.

5 Orientador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; itamar.melo@embrapa.br



ABSTRACT – Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the main crops of agricultural importance for Brazil. However, the occurrence of diseases such as blast has limited the productivity of this crop in the producing regions. Thus, the objective of this work was to evaluate the potential of a strain *Streptomyces* sp. CMAA 1647, an actinobacteria, in the biological control of phytopathogenic fungi, mainly *Pyricularia grisea*, causal agent of blast. The model strain of this work, *Streptomyces* sp. CMAA 1647, was isolated from soil suppressive to blast and previously selected for inhibiting the growth of the causative agent. The antagonistic potential of the CMAA 1647 lineage was evaluated by the direct pairing technique against the following phytopathogens: *Phoma caricae papaya*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium graminearum*, *Colletotricum gloeosporioides*, *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pyricularia grisea*, *Phytophthora sojae*, *Fusarium solani*, *Bipolaris sorokiniana*. The results showed that the CMAA 1647 strain has an antagonistic potential against 55% of the fungi tested. In addition, the compounds present in the crude extract produced by this bacterium inhibited the development of *P. grisea* and *B. Sorokiniana*. The treatments of wheat seeds with propagules of *Streptomyces* sp. CMAA 1647 demonstrated the potential *in vitro* effective control of pathogens that attack seeds, as well as showing direct or indirect mechanisms that aid in the germination process and in the promotion of the growth of wheat plants. In view of these results, it is proposed that research on formulation be developed to increase the production and biological control of pathogens in wheat using the model line as a biological active.

Keywords: *Streptomyces*, suppressive soils, Brusone, antifungal activity, germination potential

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais consumidos no mundo, com uma produção de aproximadamente 750 milhões de toneladas, distribuídos em 220 milhões de hectares no ano de 2016. O continente Americano é responsável por 19% dessa produção, sendo o Brasil um dos maiores produtores da América do Sul (544 milhões de toneladas) junto da Argentina (5,7 trilhões de toneladas) (FAO, 2018). Um dos grandes problemas relacionados à produtividade do trigo está associado a patógenos fúngicos com potencial de comprometer o desenvolvimento da planta, como o sistema radicular (mal-do-pé e podridões radiculares), a parte aérea (manchas foliares, oídios e ferrugens) e às doenças de espiga (giberela e brusone) (SANTANA et al., 2014).

Segundo o programa da FAO “Wheat Rust Diseases Global Programme” (2014–2017), as doenças do trigo causaram perdas de aproximadamente 37% na produção nos continentes



Africano e Asiático de 2014 a 2017 (FAO, 2018). No Brasil, a perda no rendimento dos grãos causada pelas doenças na cultura do trigo são, em média, de 44,6% da produção, o equivalente a 1.152 kg.ha⁻¹ (19,2 sacas de 60 kg) por hectare (EMBRAPA, 2012).

Na busca pelo aumento da produtividade de alimentos para consumo humano e/ou animal, tem-se elevado também o uso de defensivos agrícolas (ALVES FILHO, 2002). Porém, com o passar dos anos, muitos dos fitopatógenos adquiriram resistência a diversos agroquímicos comerciais (HAHN, 2014). Ademais, a crescente preocupação do impacto de resíduos de pesticidas sintéticos à saúde tem despertado o interesse para prospecção de ferramentas alternativas, ecologicamente sustentáveis para o controle de doenças de plantas (COSTA et al., 2009). Novas técnicas de manejo vêm sendo empregadas como alternativas ao uso de fungicidas, como o controle biológico que se utiliza de microrganismos como uma estratégia promissora. (PARRA, 2014).

As actinobactérias, especificamente as do gênero *Streptomyces*, têm sido responsáveis pela produção de mais de 70% dos antibióticos conhecidos (BÉRDY, 2005). Os metabólitos secundários sintetizados por estas bactérias têm variadas atividades biológicas, muitos deles com potencial antagônico, o que os tornam importantes agentes no desenvolvimento de produtos para o controle biológico (GOODFELLOW; WILLIAMS, 1983). Além dos importantes efeitos na formulação de biofungicidas, recentes estudos vêm discutindo sobre a importância desse grupo de bactérias na promoção de crescimento de plantas (TAMREIHAO et al, 2016).

Dentro desse enfoque, o presente trabalho teve o objetivo a avaliar o potencial da linhagem de *Streptomyces* CMAA 1647, como agente de controle biológico de fungos fitopatogênico na cultura do trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da Linhagem de *Streptomyces* CMAA 1647

A linhagem do gênero *Streptomyces* sp. CMAA 1647 utilizada nos experimentos foi isolada a partir de solos supressivos a brusone do trigo (*Triticum aestivum*) em uma propriedade localizada na cidade de Palmita - SP (S 22º 47' 30"; W 50º 12' 18"). A linhagem foi reativada em meio Agar Aveia (16 g. L⁻¹ aveia, 10 g. L⁻¹ de farinha de aveia e 15 g. L⁻¹ de ágar bacteriológico), crescida por 7 dias a 28 °C.

2.2 Atividade antagonista da linhagem *Streptomyces* sp. CMAA 1647

Com o objetivo de avaliar o antagonismo direto de *Streptomyces* sp., testes de pareamento direto em placa, que avalia o potencial antagonístico, seja por ação de antibióticos ou ação enzimática, foram realizados contra onze espécies de fungos fitopatogênicos, nove das quais cedida pela Coleção de Microrganismos de Importância Agrícola e Ambiental (CMAA) da Embrapa Meio Ambiente: *Phoma caricae papaya* CMAA 1483, *Rhizoctonia solani* CMAA 1589, *Fusarium graminearum* CMAA 1114, *Colletotricum gloeosporioides* CMAA 1129, *Alternaria alternata* CMAA 1130, *Sclerotinia sclerotiorum* CMAA 1149, *Pyricularia grisea* CMAA 221, *Phytophthora sojae* CMAA 1123, *Fusarium solani* CMAA 1123; e duas linhagens cedidas pela Embrapa Trigo: *Bipolaris sorokiniana* BS 0208 e *Fusarium graminearum* CML 3066. Em placas de Petri com meio de cultura BDA (ágar, 15 g.L⁻¹, dextrose, 20 g.L⁻¹, extrato de batata, 4 g.L⁻¹) foi estriada uma linha paralela com a linhagem CMAA 1647, em uma extremidade da placa a 1 cm da borda (Figura 1). Após total crescimento microbiano, foram de igual modo plaquados discos de 5 mm dos respectivos fitopatógenos na outra extremidade e a inibição foi acompanhada durante o período de 3, 7 e 15 dias e incubadas a 25 °C. Todos os tratamentos foram realizadas em 5 repetições e placas controles apenas com as linhagens fúngicas foram cultivadas, para métrica comparativa do crescimento fúngico frente ao perfil de inibição antagonista dos tratamentos montados.

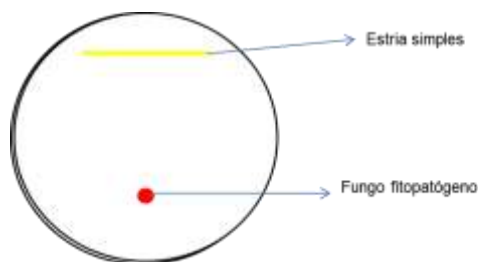


Figura 1. Esquema da montagem da placa para teste de antagonismo direto.

A atividade antagonista foi avaliada através da medição da área de inibição, em cm, de acordo com o crescimento do fungo. Em seguida, foi calculada a média das repetições dos dados obtidos e realizado o seguinte cálculo para determinação da porcentagem de inibição (PI):

$$PI = \frac{C-T}{C} \times 100 \quad (1)$$

Onde: C é o crescimento do patógeno na ausência do isolado de interesse; e T é o crescimento do fitopatógeno com a presença do isolado.

2.3 Produção e extração de compostos microbianos da linhagem *Streptomyces* sp. CMAA 1647

Foi preparado o pré-inóculo da linhagem CMAA 1647 em Erlenmeyer contendo 50 mL de caldo (dextrose, 20 g.L⁻¹, extrato de batata, 4 g.L⁻¹) e incubado sob agitação constante de 145 rpm a 28 °C por 7 dias. Em seguida, foram transferidos 5 mL do pré-inóculo para um Erlenmeyer contendo 1000 mL de meio YEME adaptado (peptona 1 g.L⁻¹, extrato de malte 1 g.L⁻¹, extrato de levedura 1 g.L⁻¹, sacarose 3 g.L⁻¹, glicose 3 g.L⁻¹) e incubado a 28 °C por 8 dias, a 145 rpm. O filtrado foi obtido através da remoção da massa celular do caldo cultivado por sistema de filtração a vácuo com filtro de papel quantitativo de diâmetro 12,5 cm (Nalgon – porosidade 2,0 micras) e bomba aspirador/compressor modelo 089/CAL – Fanem.

O filtrado foi submetido à acidificação do meio para pH 3 com HCl a 0.1% e posterior partição líquido-líquido com os solventes orgânicos acetato de etila e diclorometano (1:1 v/v) em funil de separação. Cada solvente foi particionado separadamente gerando dois extratos respectivos de suas extrações. Utilizou-se o cloreto de sódio anidro para remoção das moléculas de água em excesso do processo de extração. Os extratos brutos foram evaporados, pesados e armazenados a 4 °C para posterior teste de inibição *in vitro*. A fase orgânica foi seca utilizando rotaevaporador a 114 rpm a 42 °C e a solução contendo diclorometano, a 118 rpm a 38 °C.

2.4 Potencial antifúngico dos metabólitos da linhagem de *Streptomyces* sp. CMAA 1647

Os microrganismos testados foram aqueles previamente selecionados no teste de antagonismo direto. Em discos de papel esterilizados, foram aplicados 20 µL da suspensão dos extratos brutos ressuspensos em seus respectivos solventes (acetato de etila e diclorometano) e 1,5 cm da linhagem fúngica no centro da placa de Petri de 60 mm em meio BDA (Figura 2). A aplicação dos extratos foi realizada com o auxílio de uma pinça estéril para evitar contaminação. Após o período de incubação, foram realizadas as leituras (em cm) dos halos formados em relação ao extrato. Foi realizado controle com a linhagem fúngica para acompanhar o crescimento.

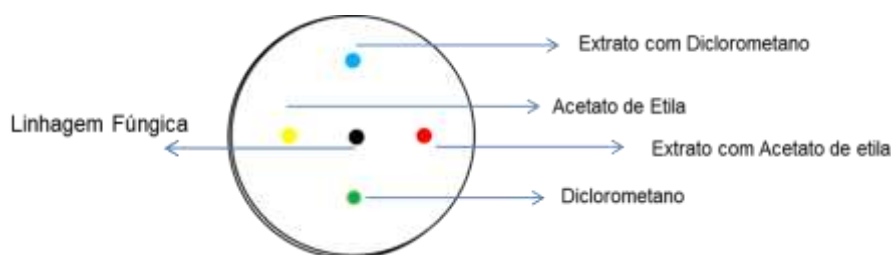


Figura 2. Esquema de montagem do teste de avaliação de metabólitos da linhagem CMAA 1647.



2.5 Potencial de *Streptomyces* sp. no controle de patógenos de semente de trigo

Para avaliar a germinação de sementes e o crescimento fúngico de potenciais patógenos nelas presente, foram utilizados dois métodos comparativos de acondicionamento tais quais, um com meio Ágar-Água (16 ágar g.L⁻¹) e outro com papel filtro umedecido 2,5 vezes o peso do papel (BRASIL, 1992), para identificação dos fatores de influência positiva direta no potencial de germinação da semente do trigo, frente as características analisadas. As sementes foram submetidas a 6 combinações diferentes de tratamentos, como demonstrado na Tabela 1, além disso, todos os testes foram realizado em quintuplicatas e a variedade de semente de trigo utilizada foi a cultivar BGT 14405.

Tabela 1. Tratamentos de sementes de trigo cv. BGT 14405 com *Streptomyces* sp. para avaliação de geminação e controle de patógenos.

T1	Semente sem desinfestação (Controle);
T2	Semente com desinfestação (Controle);
T3	Semente inoculada com <i>Streptomyces</i> sp.;
T4	Semente inoculada com <i>Streptomyces</i> sp. e desinfestação;
T5	Semente com Fungicida Comercial;
T6	Semente com Fungicida Comercial e desinfestação.

*T- tratamento

A desinfestação das sementes foi realizada utilizando 100 mL de água destilada esterilizada com 50 mL de hipoclorito (3%), onde as sementes foram suspensas por 10 segundos sob agitação e, em seguida, lavadas com água esterilizada por 5 vezes. Após esse processo, as sementes foram transferidas para uma placa contendo papel de filtro esterilizado.

A inoculação das sementes foi realizada através da retirada de esporos de *Streptomyces* crescida em placas de Petri contendo o meio Ágar-Aveia. Os esporos foram retirados e suspensos em 200 mL de salina (0,85%), posteriormente diluído em série até 1×10^{-8} . Em seguida, foi plaqueado com alça de Drigalski, 100 μ L da solução em placas de Petri contendo o meio BDA e incubados por 3 dias em BOD a 29 °C. Após o crescimento, a concentração foi ajustada para Unidades Formadoras de Colônias – UFC (1×10^9 UFC.mL⁻¹). Para o tratamento com fungicida foi preparado o caldo de 200 mL de água com 0,5 mL do fungicida comercial (Triazol + Estrobilurina) de acordo com as especificações do fabricante para a cultura do trigo. As sementes foram incubadas a 28 °C pelo período de 12 dias, posteriormente realizou-se a avaliação da



germinação das sementes e também a análise sobre a presença ou ausência de crescimento fúngico nas sementes por meio da contagem da ocorrência de colônias fúngicas em cada placa.

2.6 Potencial de *Streptomyces* na promoção de crescimento de plantas de trigo

Nesse experimento, foi realizado o plantio de sementes de trigo inoculadas com a linhagem CMAA 1647, a fim de avaliar o potencial de promoção de crescimento de plântulas de trigo. A linhagem bacterina foi crescida em placas contendo o meio BDA e incubada por 3 dias a 29 °C. Após o crescimento, os esporos foram retirados por raspagem e suspensos em 50 mL de solução salina a 0,85%. Em seguida, foi transferido 1 mL da solução para a contagem de UFC à 1×10^9 UFC/mL⁻¹. As sementes foram adicionadas à suspensão de células e agitadas por 30 minutos a 140 rpm. Após esse período, as sementes foram transferidas para uma placa contendo papel de filtro esterilizado.

Para o plantio das sementes, o experimento foi realizado de forma casualizada, com 8 repetições em tubos de ensaio contendo 75 g de solo com fotoperíodo de 12 horas e duas abordagens: solo natural e solo autoclavado. Foram semeadas três sementes de trigo (cultivar BGT 14405) por repetição em cada tubo de ensaio. As plântulas foram avaliadas após 12 dias do plantio sendo realizada a avaliação da germinação e do desenvolvimento das partes aérea e radicular das plântulas.

2.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste de Análise de Variância (ANOVA) e teste Tukey à 5% utilizando o software RStudio versão 1.1.453.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da atividade antagônica de *Streptomyces* sp. a fungos fitopatógenos

Como observado na Figura 3, a linhagem CMAA 1647 apresentou inibição para os seguintes fungos: *P. grisea* (47,98%), *S. sclerotium* (28,30%), *B. sorokiniana* (26,01%), *P. caricae papaya* (29,41%), *A. alternata* (15,45%) e *P. sojae* (31,28%).

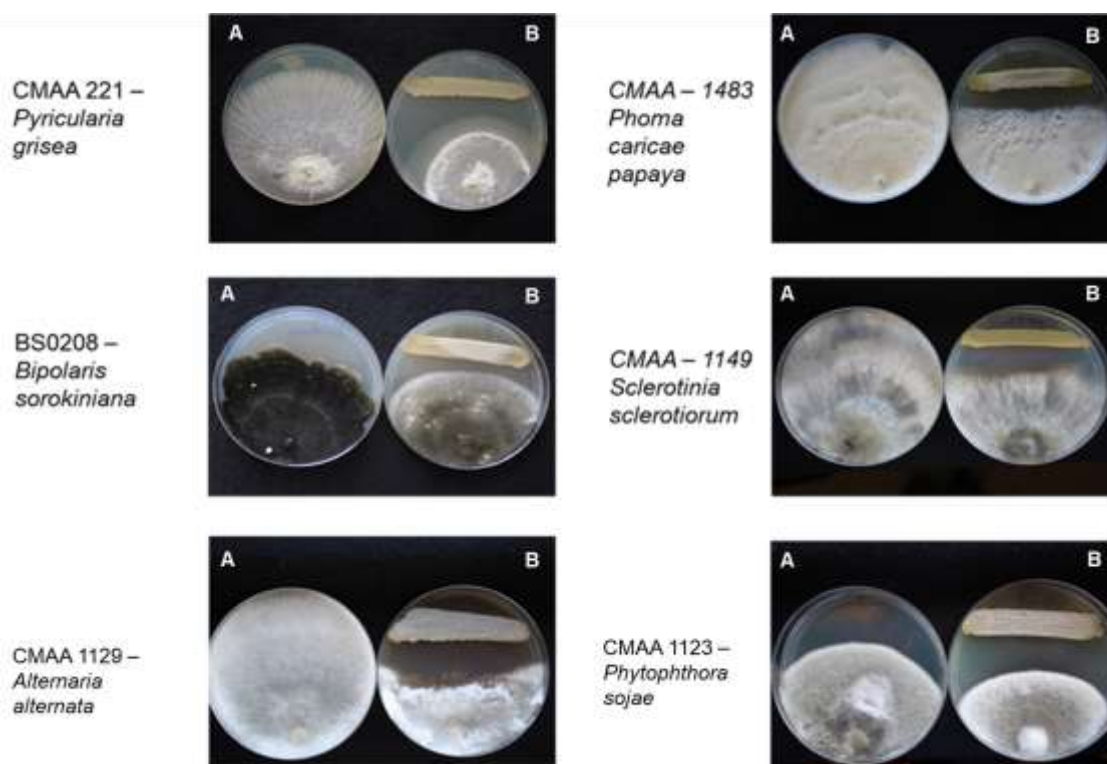


Figura 3. Teste de antagonismo direto da linhagem *Streptomyces* sp. contra linhagens fúngicas fitopatogênicas de trigo. (A) Linhagem de fitopatôgeno; (B) Linhagem *Streptomyces* sp. CMAA 1647.

3.2 Atividade antifúngica dos metabólitos secundários produzidos por *Streptomyces* sp.

Foi avaliada a atividade antifúngica dos extratos obtidos com acetato de etila e diclorometano de *Streptomyces* sp. em relação aos patógenos conforme o item 2.4. Os compostos presentes nos extratos apresentaram atividades antifúngicas apenas para *B. sorokiniana* (1,74 cm para acetato de etila e 2,1 para diclorometano) e *P. grisea* (1,5 cm para os dois extratos avaliados) como podem ser observados na Figura 4.

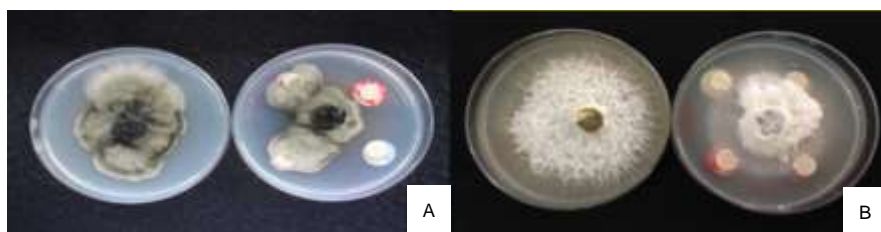


Figura 4. Atividade antifúngica de extratos da *Streptomyces* sp, contra (A) *B. sorokiniana*. e (B) *P. grisea*.



3.3 Avaliação da germinação de sementes de trigo *in vitro*

Os resultados demonstram que a presença da linhagem *Streptomyces* sp. CMAA 1647 apresentou efeito significativo da germinação de sementes de trigo que não foram submetidas ao processo de desinfecção, com uma taxa máxima de 64% de germinação, quando comparado com os tratamentos caracterizados pela ausência dos inóculos com e sem a submissão do processo de desinfestação, com apenas 36% de germinação de taxa máxima, como podem ser observados na Tabela 2. Além disso, o acondicionamento das sementes em Agar-Água mostrou-se mais eficiente para ativação do processo de germinação do que aos resultados com da incubação em papel filtro. Isto pode ser devido ao ambiente criado no meio ágar-água pode ter apresentado condições de melhor constância na disponibilidade de água facilitando o processo de germinação fisiológico das sementes. Vale ressaltar que, o processo de desinfestação das sementes neste estudo, apresentou influência direta na germinação, pois, o tratamento T4, sendo o qual apresentam sementes inoculadas com a linhagem bactéria modelo neste estudo, mas submetidas ao processo de desinfecção, com a taxa de germinação 12% a menos quando comparado ao tratamento T3, caracterizado pela presença do inóculo sem o processo de desinfecção,

Assim, a utilização do fungicida comercial resultou nos menores índices do potencial germinativo, ressaltando que no sistema de acondicionamento em papel filtro os tratamentos não apresentaram diferença significativa com o controle T2, caracterizado pela ausência do inóculo e desinfestação das sementes, quando comparado aos tratamentos sem desinfestação, mesmo com a presença da linhagem modelo (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de germinação para as sementes de trigo pré-inoculação com a linhagem *Streptomyces* sp. em função das condições de desinfestação, acondicionamentos em dois diferentes condições de incubação (ágar-água e papel filtro) e fungicida comercial. As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%.

Tratamentos (*)	Germinação (%)	
	Agar-Água	Papel Filtro
T3	64 a	58 a
T4	52 b	44 b
T1	44 c	44 b
T2	36 d	28 cd
T5	30 e	26 c
T6	26 e	33 d

*A designação dos tratamentos segue a Tabela 1.

Além da avaliação da germinação, foi realizada a análise de ocorrência de fungos fitopatogênicos em cada tratamento, como observado na Figura 5. Os tratamentos com a linhagem CMAA 1647 tiveram a menor ocorrência de fungos em relação à utilização das sementes de trigo por *Streptomyces* sp. com e sem desinfestação, mostrando a atividade de biocontrole a potenciais fungos patogênicos. Se comparado com o desempenho da germinação de sementes, a ocorrência de contaminantes na semente pode ter influenciado no processo de emergência. O tratamento utilizando fungicida não apresentou ocorrência fúngica (Figuras 5 e 6).

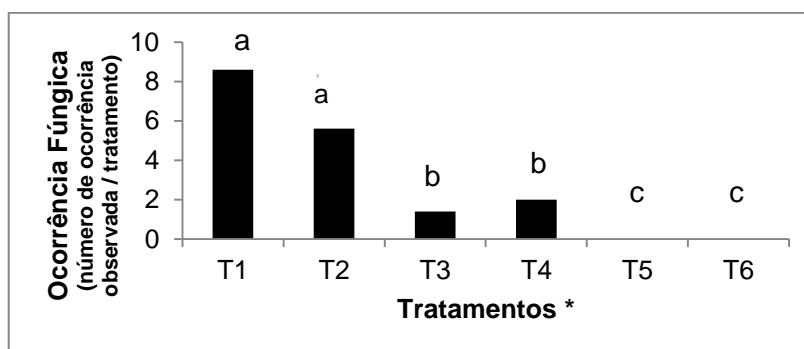


Figura 5. Ocorrência de fungos em sementes de trigo após 12 dias de incubação a 29 °C.

*A designação dos tratamentos segue a Tabela 1.

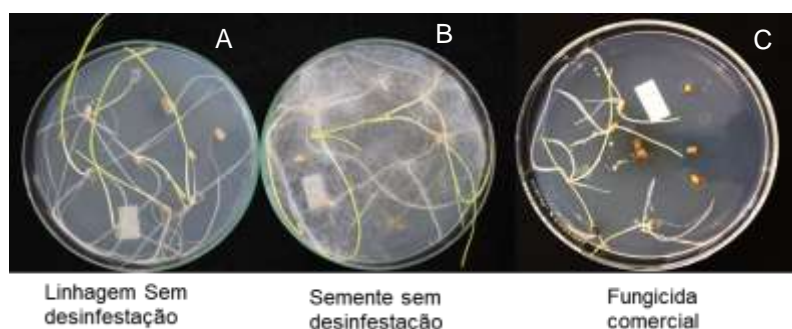


Figura 6. Avaliação da germinação de sementes em meio Ágar-água. (A) com a linhagem bacteriana, (B) sem a linhagem bacteriana, e (C) fungicida comercial após 12 dias de incubação.

3.4 Teste de promoção de crescimento em casa de vegetação

Streptomyces sp., quando inoculada às sementes de trigo plantadas em solo natural, promoveu a germinação de sementes em 62,5%, enquanto que em solo esterilizado a germinação foi de 83,4%. Similarmente, o tratamento com essa bactéria também promoveu o desenvolvimento

das plântulas apresentando plantas mais altas, em crescimento de 79,87% em solo natural e 74,46% em solo estéril, quando comparado com o controle sem inoculação da bactéria (Figura 7).

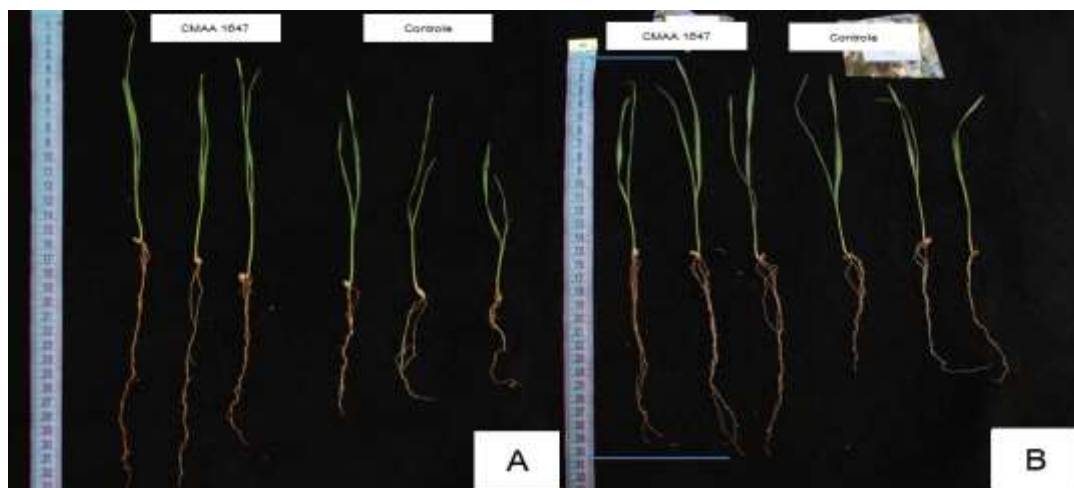


Figura 7. Plântulas de trigo inoculadas com a *Streptomyces* CMAA 1647 a 10^9 UFC.mL⁻¹ pelo período de 12 dias em casa de vegetação com fotoperíodo de 12 horas. (A) Solo natural; (B) Solo autoclavado.

4. CONCLUSÃO

Com o presente estudo foi possível concluir que a linhagem de actinobactéria, *Streptomyces* CMAA 1647, além de inibir o desenvolvimento de fungos fitopatogênicos, desempenhou potencial atividade no controle de patógenos de semente de trigo, além de influenciar diretamente na germinação e na promoção de crescimento de plântulas. Os resultados suportam indícios do potencial agrotecnológico da linhagem CMAA 1647 que merece ser melhor estudada, visando ao desenvolvimento de formulações para uso agrícola.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa científica, à equipe técnico-científico do Laboratório de Microbiologia Ambiental (LMA) da Embrapa Meio Ambiente pelo apoio, e a doutoranda Laura Bononi pela colaboração com as etapas da pesquisa em casa de vegetação.

6. REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. **Uso de agrotóxico no Brasil: controle social e interesses corporativos.** São Paulo: Annablume, 2002. 188p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 1992. 365p.



12º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2018
01 a 03 de agosto de 2018 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-145-5

BÉRDY, J. Bioactive microbial metabolites, a person view. **Journal of Antibiotics**, London, v. 58, p. 1-26, 2005.

COSTA, R. V. da; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Doenças. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1).

EMBRAPA. Notícias: TTrigo: momento de controlar doenças fúngicas. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1483100/trigo-momento-de-controlar-doencas-fungicas>>. Acesso em: 25 maio 2018.

FAO. AGP - FAO Wheat Rust Disease Global Programme. Disponível em: <<http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/wrdgp/en/>>. Acesso em: 25 maio 2018.

FAO. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#search/wheat>>. Acesso em: 25 maio 2018.

GOODFELLOW, M.; WILLIAMS, S.T. Ecology of actinomycetes. **Annual Review of Microbiology**. n. 37, p.187–216. 1983.

HAHN, M. The rising threat of fungicide resistance in plant pathogenic fungi: Botrytis as a case study. **Journal of Chemical Biology**. v. 7, n. 4. p. 133-142. Oct. 2014.

PARRA, J. R. Postali. Biological Control in Brazil: an overview. **Science Agricola**. Piracicaba. v.71, n.5 p.420-429. set. - out. 2014.

SANTANA, F. M.; LAU, D.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; COSTAMILAN, L. M. Manual de identificação de doenças de trigo. Embrapa Trigo. **Documentos**, **108**. 17-Jul-2014.

TAMREIHAO, K.; NINGTHOUJAM, D.S.; NIMAICHAND, S.; SINGH, E. S.; REENA, P.; SINGH, S. H.; NONGTHOMBA, U.; Biocontrol and plant growth promoting activities of a *Streptomyces corchorusii* strain UCR3-16 and preparation of powder formulation for application as biofertilizer agents for rice plant. **Microbiological Research**. v. 192. p. 260-270. Nov. 2016.