

Bacillus e Trichoderma* como promotores de crescimento de *Eucalyptus urograndis

Bacillus and Trichoderma as growth promoters of *Eucalyptus urograndis*

Bacillus y Trichoderma como promotores de crecimiento de *Eucalyptus urograndis*

Recebido: 19/12/2022 | Revisado: 10/01/2023 | Aceitado: 20/01/2023 | Publicado: 23/01/2023

Daniela de Oliveira Luciano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0768-0339>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: danielaoluciano@gmail.com

Celso Afonso Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9684-0682>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: celsoa.lima@hotmail.com

Milena Barreira Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4353-9394>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: milena.barreira.lopes@gmail.com

Dalilla Moreira de Oliveira Moura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7559-809X>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: dalilla.moreira@mail.uft.edu.br

Ana Licia Leão Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9871-9819>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: licia.leao@mail.uft.edu.br

Albert Lennon Lima Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2683-2035>
Universidade Estadual do Tocantins, Brasil
E-mail: eng.albertlennon@gmail.com

Lillian França Borges Chagas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0083-6452>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: lillianfbc@uft.edu.br

Aloisio Freitas Chagas Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7489-8701>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: chagasjraf@uft.edu.br

Resumo

O reflorestamento com plantas clonais do gênero *Eucalyptus* vêm aumentando em relação a área plantada em todo território brasileiro. A utilização de bactérias do gênero *Bacillus* como promotores do crescimento de plantas é uma alternativa promissora com efeitos positivos no desenvolvimento de raízes e parte aérea de mudas de eucalipto. Outra alternativa é o uso de fungos como os do gênero *Trichoderma* que promove o crescimento por meio da produção de fitohormônios. O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do uso das espécies de bactérias *Bacillus subtilis* Bs08 e *B. subtilis* Bs10 e do fungo *Trichoderma harzianum* UFT-25 no crescimento inicial da espécie de *Eucalyptus urograndis*. Foram avaliados a altura das mudas, comprimento da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz. A inoculação de *B. subtilis* Bs08 e *B. subtilis* Bs10 ao substrato proporcionou desenvolvimentos significativos na altura em todas as plantas de *E. urograndis* aos 30 dias após o plantio. *T. harzianum* apresentou eficiência como promotores de crescimento de mudas clonais de *E. urograndis* em condições de viveiro, sendo bastante eficaz no comprimento da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz aos 30 e 60 dias após o plantio. A inoculação de *B. subtilis* Bs08, *B. subtilis* Bs10 e *T. harzianum* UFT-25 ao substrato proporcionou efeito positivo no acúmulo de biomassa de mudas de *E. urograndis*, evidenciando estes microrganismos como promotores de crescimento para esta espécie florestal.

Palavras-chave: Fungos; Bactérias; Espécie florestal, Biomassa.

Abstract

Reforestation with cloned plants of the genus *Eucalyptus* has been increasing in relation to the planted area throughout Brazil. The use of *Bacillus* bacteria as plant growth promoters is a promising alternative with positive effects on the development of roots and shoots of eucalyptus seedlings. Another alternative is the use of fungi such as those of the genus *Trichoderma*, which promote growth through the production of phytohormones. The objective of this study was to evaluate the effects of using *Bacillus subtilis* Bs08 and *B. subtilis* Bs10 and the fungus *Trichoderma harzianum*

UFT-25 on the initial growth of *Eucalyptus urograndis*. Seedling height, root length, shoot and root dry mass were evaluated. Inoculation of *B. subtilis* Bs08 and *B. subtilis* Bs10 to the substrate provided significant height developments in all *E. urograndis* plants within 30 days after planting. *T. harzianum* showed efficiency as growth promoters of clonal seedlings of *E. urograndis* in nursery conditions, being quite effective in root length, dry mass of the aerial part and dry mass of the root at 30 and 60 days after planting. The inoculation of *B. subtilis* Bs08, *B. subtilis* Bs10 and *T. harzianum* UFT-25 to the substrate provided a positive effect on the accumulation of biomass of *E. urograndis* seedlings, showing that these microorganisms are growth promoters for this forest species.

Keywords: Fungi; Bacteria; Forest species; Biomass.

Resumen

La reforestación con plantas clonadas del género *Eucalyptus* viene aumentando en relación con el área plantada en todo Brasil. El uso de la bacteria *Bacillus* como promotores del crecimiento vegetal es una alternativa promisoría con efectos positivos en el desarrollo de raíces y brotes de plántulas de eucalipto. Otra alternativa es el uso de hongos como los del género *Trichoderma*, que favorecen el crecimiento a través de la producción de fitohormonas. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del uso de *Bacillus subtilis* Bs08 y *B. subtilis* Bs10 y el hongo *Trichoderma harzianum* UFT-25 sobre el crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*. Se evaluó la altura de las plántulas, la longitud de las raíces, la masa seca de los brotes y de las raíces. La inoculación de *B. subtilis* Bs08 y *B. subtilis* Bs10 al sustrato proporcionó desarrollos de altura significativos en todas las plantas de *E. urograndis* dentro de los 30 días posteriores a la siembra. *T. harzianum* mostró eficiencia como promotor de crecimiento de plántulas clonales de *E. urograndis* en condiciones de vivero, siendo bastante efectivo en longitud de raíz, masa seca de la parte aérea y masa seca de la raíz a los 30 y 60 días después de la siembra. La inoculación de *B. subtilis* Bs08, *B. subtilis* Bs10 y *T. harzianum* UFT-25 al sustrato proporcionó un efecto positivo en la acumulación de biomasa de plántulas de *E. urograndis*, demostrando que estos microorganismos son promotores del crecimiento de esta especie forestal.

Palabras clave: Hongos; Bacterias; Especies forestales; Biomasa.

1. Introdução

O reflorestamento com plantas clonais do gênero *Eucalyptus* ganhou destaque em relação a área plantada em todo território brasileiro. O sistema de clonagem favorece a multiplicação e conserva a homogeneidade nos plantios. Empresas e instituições de pesquisas vêm auxiliando com tecnologias e condições climáticas que favorecem no desenvolvimento do eucalipto no Brasil (Raasch et al., 2013).

Os patógenos fúngicos *Fusarium* sp. e *Gylindrcladium* sp., que atacam as mudas e proporcionam o baixo índice de enraizamento, ainda são preocupações relacionadas ao material genético de eucalipto, pois acarreta enormes perdas econômicas (Lafeté et al., 2015). Mudanças com um excelente padrão de qualidade são essenciais para alcançar ganhos no desenvolvimento inicial e porcentagem alta em se tratando de sobrevivência (Cunha et al., 2006).

O manejo inadequado de agrotóxicos para minimizar o ataque de alguns patógenos causadores de doenças em viveiro é uma prática rotineira que pode impactar negativamente a produtividade e o meio ambiente, e uma alternativa de baixo custo é a utilização de inoculantes de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP). Esses inoculantes aumentam a produção agrícola, tornam o produto mais competitivo e diferenciado e ainda, diminuem os custos de produção (Coelho et al., 2007). A utilização de MPCP é uma tecnologia promissora, pois vem exibindo resultados satisfatórios, com efeitos positivos no desenvolvimento de raízes e parte aérea de mudas de eucalipto com utilização, por exemplo, de *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas* sp. (Mafia et al., 2005; Teixeira et al., 2007).

Em resposta as pesquisas realizadas com MPCP, em especial com o *Bacillus* sp., pode-se observar a ação antagonista a alguns agentes patogênicos, tais como o controle de *Fusarium sambucinum*, responsável por danos em plântulas de *Pinus elliottii* (Maciel et al., 2014). A inoculação de mudas com rizobactérias aumenta a qualidade do sistema radicular, o que possibilita maior taxa de sobrevivência das mudas e diminuição de doenças nos primeiros anos de plantio (Mafia et al., 2007). A utilização de MPCP têm grande potencial na promoção do crescimento e enraizamento de mudas (Marques & Uesugi, 2013), em que a bactéria do gênero *Bacillus* está entre as mais estudadas (Moreira & Araújo, 2013).

Outro MPCP que vem sendo bastante evidenciado é o fungo do gênero *Trichoderma*. Inicialmente, a promoção de crescimento de plantas pela aplicação de *Trichoderma* foi relacionada ao controle dos microrganismos prejudiciais presentes

no solo (Machado et al., 2012; Oliveira et al., 2021). Porém, alguns autores apontam que a associação desse fungo com as raízes promove o crescimento das mesmas através da produção de fitohormônios e aumento da disponibilidade e maior eficiência no uso de alguns nutrientes pelas plantas (Brotman et al., 2010; Azarmi et al., 2011; Stewart e Hill, 2014). O efeito benéfico do *Trichoderma* tem sido verificado no crescimento e desenvolvimento de várias culturas, como soja (Chagas Júnior et al., 2021, 2022), feijão (Chagas Júnior et al., 2014), algodão (Shanmugaiah et al., 2009), cana-de-açúcar (Singh et al., 2010), maracujazeiro (Santos et al., 2010), tomate (Azarmi et al., 2011) e pepino (Silva et al., 2011). Contudo, ainda são poucos os trabalhos que investigaram o uso de *Trichoderma* na promoção do crescimento de espécies florestais.

Estudos com o híbrido *Eucalyptus urograndis* (Carvalho Filho et al., 2008), *Eucalyptus* sp. (Fortes et al., 2007), *Pinus radiata* (Chávez et al., 2014), *Gochnatia polymorpha* (Machado et al., 2015) e *Hevea brasiliensis* (Promwee et al., 2014) apresentaram resultados promissores. O mecanismo de ação do *Trichoderma* pode variar de acordo com a espécie, o tipo de cultivo e as condições ambientais (disponibilidade de nutrientes, pH ou temperatura). A esses fatores, também pode ser incluído a forma de inoculação do *Trichoderma*, que não é padronizada entre os estudos. Visando a busca por alternativas mais econômicas, porém eficientes e que não acarretem danos ao meio ambiente, esse trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do uso *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum* no crescimento inicial da espécie de *Eucalyptus urograndis*.

2. Metodologia

Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT/PPGPV), *campus* de Gurupi, localizada sob as coordenadas 11°43'45" S e 49°04'07" N, e 280 m de altitude. A caracterização climática local é de clima tropical úmido com classificação do tipo pequena deficiência hídrica (B1wA'a') / vegetação de cerrado ou Savana Tropical segundo Köppen-Geiger (Peel et al., 2007).

Obtenção das sementes

O híbrido *Eucalyptus urograndis* foi obtido através do Pomar Clonal de Sementes Híbridas-PCSH, localizado em Viçosa – MG, reemalada pela Biosementes, localizada em Ilhéus – BA. O lote das sementes híbridas foi LPSP052020, com o rendimento de 100 g de sementes.

Isolados de Bacillus subtilis

Utilizou-se nos testes dois isolados de *Bacillus subtilis*, Bs08 e Bs10. Esses isolados são parte da coleção do Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da UFT, a qual foram obtidas de solos do cerrado em áreas de cultivos no Estado do Tocantins, e identificados através das características morfológicas, estruturais e bioquímicas, de acordo com Manual de Bacteriologia Sistemática de Bergey (James et al., 2005). Os isolados foram mantidos em meio estoque LB (Luria-Bertani) e repicados em meio LB e BDA.

Isolados de Trichoderma

Foi utilizado o isolado de *Trichoderma harzianum* UFT-25, identificado como *T. harzianum* CIB T131, código de acesso EU 27998) (Hoyos-Carvajal et al., 2009) obtido também Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da UFT, caracterizados pelo sequenciamento da região TEF (Translation Elongation Fator) e identificados pelos códigos de acesso no GenBank no Instituto Biológico de São Paulo.

Inoculação dos microrganismos nas sementes de E. urograndis.

As sementes de *E. urograndis* foram semeadas em tubetes com dimensões de 12,5 cm de altura, diâmetro superior de 2,8 cm, diâmetro inferior de 1,0 cm, contendo um volume de 53 cm³ totalizando 216 tubetes. O substrato utilizado foi o Troptrasto florestal, a base de um mix com fibra de coco e um plus com fibra de coco e casca de arroz.

Foram utilizados quatro tratamentos, sendo um com inoculação de *T. harzianum* UFT-25, dois com inoculação de *Bacillus* (*B. subtilis* Bs08 e *B. subtilis* Bs10) e uma testemunha sem inoculação.

O isolado de *T. harzianum* UFT-25 foi cultivado em meio BDA (Batata dextrose e ágar) e incubado em estufa tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 25 °C, por 10 dias. Em seguida foi feita uma suspensão com água destilada esterilizada contendo esporos e esta suspensão foi ajustada para a concentração igual a 1×10^8 conídios por mL. Foram aplicados 1 mL de suspensão por tubete diretamente nas sementes de *E. urograndis* durante a semeadura, sendo utilizadas três sementes por tubete e após a germinação foi feito o desbaste e deixada uma planta por tubete.

Para obter a suspensão de *Bacillus*, os isolados foram cultivados em meio LB por três dias, sendo determinada a concentração de colônias em unidade formadora de colônia (UFC) pelo método de diluição em série, apresentando a concentração de 1×10^9 UFC por mL de suspensão, sendo usado também 1 mL de suspensão por tubete.

Avaliações e análise estatística

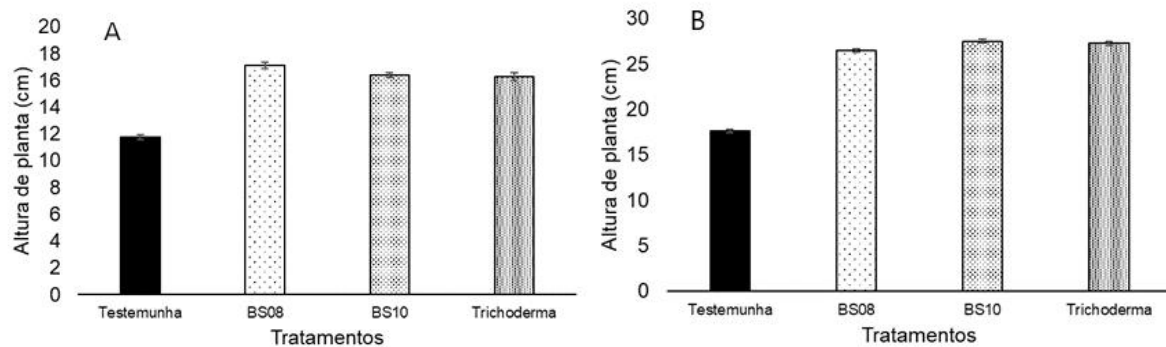
O experimento seguiu o método de delineamento experimental inteiramente casualizado contendo quatro tratamentos e oito repetições. A primeira avaliação foi realizada em abril de 2022, 30 dias após o plantio e a segunda avaliação foi realizada em junho de 2022, 60 dias após o plantio. As avaliações das mudas foram feitas observando os seguintes parâmetros: Altura da muda (cm), Comprimento da raiz (cm), massa seca da parte aérea (g), e massa seca da raiz (g).

Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk, e ao ser constatada normalidade dos dados, procedeu-se análise de variância (One-Way ANOVA). Quando não apresentaram distribuição normal, foram ajustados via transformação Box-Cox e posteriormente efetuada análise de variância. Observada diferença significativa entre tratamentos ($p < 0,05$), utilizou-se teste Scott-Knott para comparação de médias. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R 4.1.3.

3. Resultados e Discussão

Todos os tratamentos com uso dos microrganismos promotores de crescimento, comparados ao tratamento controle, obtiveram resultados satisfatórios na primeira e segunda avaliação. A adição dos microrganismos ao substrato de cultivo promoveu o maior crescimento das mudas, quando comparados com o tratamento controle ($p < 0,05$). Nas avaliações após 30 e 60 dias de cultivo, constatou-se que para a altura de plantas os tratamentos com os dois *B. subtilis* e o *Trichoderma* foram superiores a testemunha sem inoculação (Figura 1).

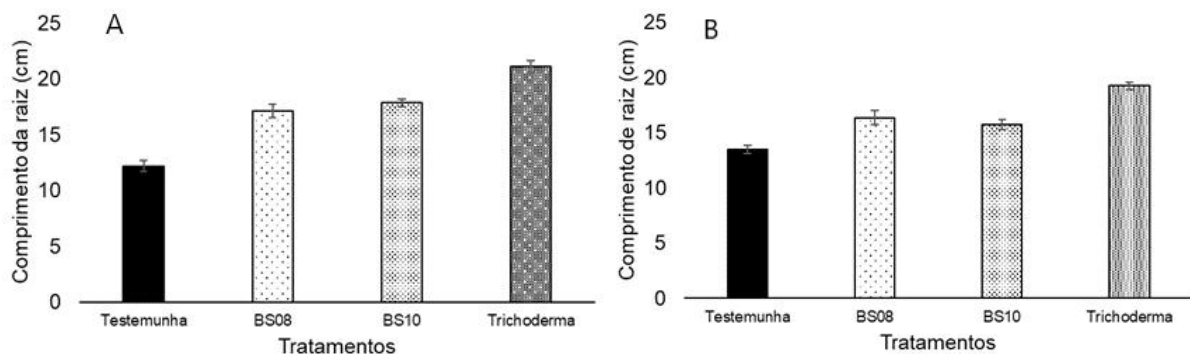
Figura 1 - Altura de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (UFT-25) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.



Fonte: Autores (2022).

Para o comprimento de raiz, nas duas avaliações, o tratamento com inoculação de *Trichoderma* foi superior, seguido dos tratamentos com *B. subtilis*, também superiores a testemunha sem inoculação (Figura 2).

Figura 2 - Comprimento de raiz de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (UFT-25) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.

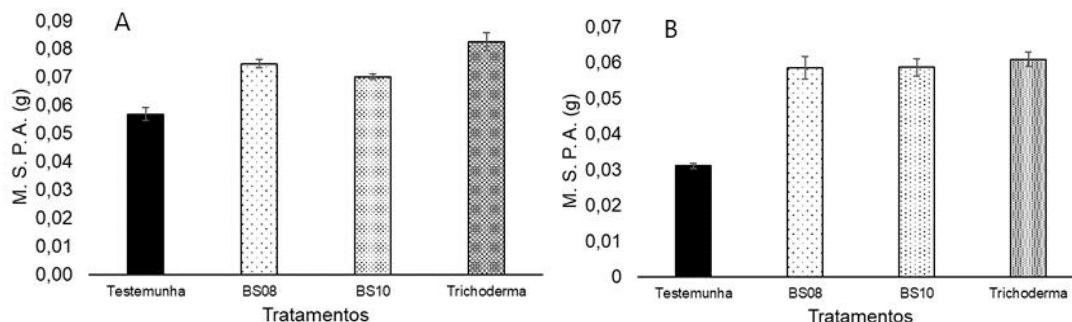


Fonte: Autores (2022).

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), na primeira avaliação aos 30 dias de cultivo o tratamento com *Trichoderma* foi superior ($p < 0,05$), seguido dos demais tratamentos com *B. subtilis* também superiores a testemunha sem inoculação (Figura 3). Aos 60 dias de cultivo os tratamentos com os inoculantes não diferiram entre si, mas foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha (Figura 3).

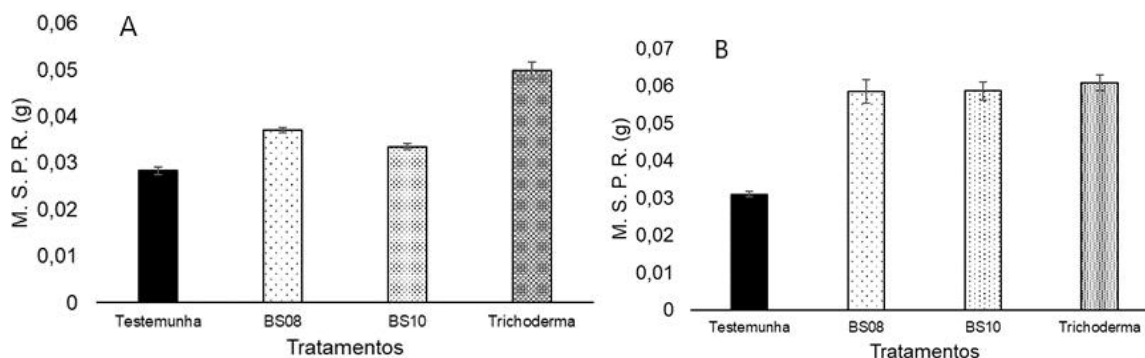
Para a massa seca da raiz (MSPR), na primeira avaliação aos 30 dias de cultivo o tratamento com *Trichoderma* foi superior ($p < 0,05$), seguido do tratamento com *B. subtilis* Bs08 e Bs10, também superiores a testemunha sem inoculação (Figura 4). Aos 60 dias de cultivo os tratamentos com os inoculantes não diferiram entre si, porém foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha (Figura 4).

Figura 3 - Massa seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (UFT-25) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 - Massa seca da raiz de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (UFT-25) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.



Fonte: Autores (2022).

Os resultados evidenciam os efeitos positivos destes microrganismos como promotores de crescimento vegetal, observados nos ganhos de biomassa pelas mudas inoculadas. O crescimento do sistema radicular nas mudas inoculadas com *B. subtilis* foi observado nas duas avaliações, e esse efeito pode estar relacionado a sua capacidade de sintetizar hormônios de crescimento vegetal e solubilização de nutrientes (Braga Junior, 2019).

A capacidade de estimular o crescimento de plantas através do uso de bactérias tem sido corroborada por diversos estudos, como o de Raasch et al. (2013), que verificaram um aumento expressivo na altura de plantas de eucalipto, na massa radicular e comprimento de raízes de eucalipto inoculado com *B. subtilis*. Também utilizando *B. subtilis*, Araújo et al. (2012) verificaram que a bactéria pode ser utilizada como controle biológico contra o nematoide das galhas em cultivo de soja, apresentando eficácia semelhante ao controle químico.

De maneira semelhante aos resultados obtidos nesse trabalho, ao utilizar espécies florestais, Brunetta et al. (2010), ao isolar bactérias do gênero *Bacillus* spp. na região rizosférica do solo sob *Pinus taeda*, constatou que alguns isolados incrementaram significativamente de 10 a 16% a altura da espécie. Outros resultados promissores também foram obtidos quando Araújo (2008) inoculou sementes de milho com *Bacillus subtilis* e obteve ganho significativo em altura das plantas de até 134%. Ressalta-se uma relação indireta desses dados de crescimento em altura das plantas, com a capacidade das rizobactérias em produzirem hormônios de crescimentos (Harthmann, 2010).

Sobre o fungo *Trichoderma* demonstrou-se que apresenta potencial para ser utilizado na promoção do desenvolvimento de mudas. Segundo Brotman et al. (2010), espécies de *Trichoderma* podem promover aumentos de até 300% no crescimento de plantas. Para Harman et al. (2004), a interferência desse fungo no desenvolvimento de plantas e no aumento

de produtividade, ocorre devido a sua capacidade em colonizar as raízes. O teste de colonização endofítica revelou que *T. virens* e *T. harzianum* são capazes de colonizar as raízes de mudas de eucalipto (Carvalho Filho et al., 2008), também verificaram a colonização de dois isolados de *T. harzianum* e um de *T. asperellum* apenas nas raízes de mudas de eucalipto (clone GG100). Entretanto, alguns estudos demonstram que o *Trichoderma* também é capaz de colonizar a parte aérea de plantas, como *Theobroma cacao* (Bailey et al., 2009) e *Hevea* spp. (Chaverri et al., 2011).

O uso do *Trichoderma* mostrou ser uma alternativa promissora a ser adotada no processo produtivo dos viveiros florestais, uma vez que ele é capaz de promover o desenvolvimento de mudas, como constatado no presente trabalho. A capacidade de solubilização de fosfato foi relatada para algumas espécies de *Trichoderma* (Chagas et al., 2015). As espécies de *Trichoderma* estão sempre associadas à colonização de raiz e que muitas vezes proporcionam o aumento, o crescimento e o desenvolvimento das raízes de plantas, assim facilitando a absorção e utilização de nutrientes e aumento da resistência ao estresse abióticos seguidos da produtividade das culturas (Chagas et al., 2015; Chagas et al., 2016).

O *Trichoderma* apresentou em estudos um potencial como promotor de crescimento em plantas (Bononi et al., 2020), demonstrando bons resultados em espécies vegetais como eucalipto e em culturas como tomate, trigo e soja (Li et al., 2015; Bononi et al., 2020; Chagas Junior et al., 2021; Chagas Junior et al., 2022).

O *Trichoderma*, na ausência de fitopatógenos, atuam na produção de fitormônios da classe das auxinas e giberilinas promovendo uma melhor interação com as raízes e o aumento do processo caulinar através do alongamento celular, favorecendo o crescimento de raízes laterais, adventícias e o crescimento da massa foliar. Além disso proporciona melhoria na assimilação de água e nutrientes, devido ao aumento da exploração do solo pelas raízes, aumento da taxa fotossintética e melhorias na arquitetura vegetal.

Assim, os benefícios do uso destes micro-organismo são percebidos por meio do aumento da matéria seca, folhas e caule das plantas inoculadas, resistência a fatores de estresse biótico e abiótico, benefícios no crescimento de frutos e desenvolvimento inicial de plântulas além de diminuir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada, e muitas vezes excessiva de insumos e agrotóxicos na agricultura. Esse fungo pode influenciar benéficamente na germinação de sementes, desenvolvimento radicular, no desenvolvimento da cultura e rendimento de grãos (Woo et al, 2014; Chagas Junior et al., 2021; Chagas Junior et al., 2022), devido principalmente à sua capacidade de solubilização do fósforo e síntese do hormônio ácido indol acético (Chagas et al., 2017; Braga Junior, 2019; Bononi et al., 2020).

A produção de mudas florestais tem aumentado devido ao imenso uso em plantio comercial, que também têm sido usadas para a recuperação de áreas degradadas. Com o aumento dessa demanda viu-se a necessidade de encontrar novas tecnologias para acelerar o crescimento e reduzir os gastos com uso de insumos durante o cultivo. Os estimulantes químicos contêm somente o controle temporário o que se faz necessário aplicações repetidas durante o crescimento da cultura. Bioestimulantes a base de microrganismos é capaz de se estabelecer, colonizar e reproduzir no solo (Suassuna et al., 2019).

Assim, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal, tal como os *Bacillus subtilis* e *Trichodemra harzianum* proporcionam resultados significativos no aumento de biomassa de mudas florestais como o *Eucaliptus urograndis*, demonstrando ser uma tecnologia eficiente para a formação de mudas florestais.

4. Conclusão

A inoculação de *Bacillus subtilis* Bs08, *Bacillus subtilis* Bs10 e *Trichoderma harzianum* UFT-25 ao substrato proporcionou efeito positivo no acúmulo de biomassa de mudas de *Eucaliptus urograndis*, evidenciando estes microrganismos como promotores de crescimento para esta espécie florestal

Agradecimentos

A Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi, ao Programa de pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPGCFA) e ao CNPq.

Referências

- Araújo, F. F. (2008). Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 456-462.
- Araújo, F. F., Bragante, R. J., & Bragante, C. E. (2012). Controle genético, químico e biológico de *Meloidoginose* na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42, 52-60. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200013>.
- Azarmi, R., Hajieghrari, B., & Giglou, A. (2011). Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology*, 10, 5850-5855. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1600>.
- Bailey, B. A., Strem M. D., & Wood, D. (2009). *Trichoderma* species form endophytic associations within *Theobroma cacao* trichomes. *Mycological Research*, 113, 1365-1376. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2009.09.004>.
- Bononi, L., Chiamonte, J. B., Pansa, C. C., Moitinho, M. A. & Melo, I. S. (2020). Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, 10 (2858), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59793-8>.
- Braga Junior, G. M. (2019). Bioprospecção e eficiência de *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento vegetal na cultura da soja. Tese de doutorado, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil.
- Brotman, Y., Kapuganti, J. G., & Viterbo, A. (2010). *Trichoderma*. *Current Biology*, 20, R390-R391. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.042>.
- Brunetta, J. M. F. C., Alfnas, A. C., Mafía, R. G., Gomes, J. M., Binoti, D. B., & Fonseca, E. P. (2010). Isolamento e seleção de rizobactérias promotoras do crescimento de *Pinus taeda*. *Revista Árvore*, 34, 399-406. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000300003>.
- Carvalho Filho, M. R., Mello, S. C. M., Santos, R. P., & Menêzes, J. E. (2008). Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226).
- Chagas, L. F. B., Chagas Junior, A. F., Carvalho Filho, M. R., Miller, L. O., & Colonia, B. S. O. (2015). Evaluation of the phosphate solubilization potential of *Trichoderma* strains (Trichoplus JCO) and effects on rice biomass. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15, 794-804. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000054>.
- Chagas, L. F. B., Castro, H. G., Colonia, B. S. O., Carvalho Filho, M. R., Miller, L. O., & Chagas Junior, A. F. (2016). Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. *Brazilian Journal of Botany*, 39, 437-445. <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0247-6>.
- Chagas, L. F. B., Chagas Junior, A. F. & Castro, H. G. (2017). Phosphate solubilization capacity and indole acetic acid production by *Trichoderma* strains for biomass increase on basil and mint plants. *Brazilian Journal of Agriculture*, 92 (2), 176-185.
- Chagas Júnior, A. F., Oliveira, A. G., Santos, G. R., Reis, A. F. B., & Chagas, L. F. B. (2014). Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp. no cerrado. *Revista Caatinga*, 27, 190-199. <https://doi.org/10.37856/bja.v9i2i2.3221>.
- Chagas Junior A. F., Chagas, L. F., Martins, A. L., Colonia, B. S. O., & Oliveira, R. S. (2021). Soybean productivity with *Trichoderma asperellum* seed treatment in different regions of the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 16, e1171. <https://doi.org/10.5039/agraria.v16i4a1171>.
- Chagas Junior A. F., Sousa, M. C., Martins, A. L. L., Lima, C. F., Sousa, K. A. O., Santana, P. A. A. C. P., Lopes, M. B., & Chagas, L. F. B. (2022). Eficiência de *Trichoplus (Trichoderma asperellum)* como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado. *Research, Society and Development*, 11, e16111527970. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27970>.
- Chávez, D., Pereira, G., & Machuca, A. (2014). Estimulación del crecimiento en plántulas de *Pinus radiata* utilizando hongos ectomicorrícicos y saprobios como biofertilizantes. *Bosque*, 35, 57-63. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000100006>.
- Chaverri, P., Gazis, R. O., & Samuels, G. J. (2011). *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin. *Mycologia*, 103, 139-151. <https://doi.org/10.3852/10-078>.
- Coelho, R. I., Carvalho, A. J. C., Marinho, C. S., Lopes, J. C., & Pessanha, P. G. O. (2007). Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29, 161-165.
- Cunha, A. M., Cunha, G. M., Sarmiento, R. A., Cunha, G. M., & Amaral, J. F. T. (2006). Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore*, 30, 207-214.
- Fortes, F. O., Silva, A. C. F.; Almança, M. A. K., & Tedesco, S. B. (2007). Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. *Revista Árvore*, 31, 221-228.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viteberbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 43-56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>.
- Harthmann, O. E. L., et al. (2010). Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. *Ciência Rural*, 40, 432-435.

- James, T. S. et al. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 721p. Springer.
- Hoyos-Carvajal, L., Orduz, S., & Bissett, J. (2009). Genetic and metabolic biodiversity of *Trichoderma* from Colombia and adjacent neotropic regions. *Fungal Genetics and Biology*, 46, 615-631.
- Lafeté, B. O. (2015). Assepsia de explantescaulinares de eucalipto com fungicida sistêmico; Ministério da Educação – Brasil Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM Minas Gerais – Brasil Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM.
- Li, R., Cai, F., Pang, G., Shen, Q., Li, R., & Chen, W. (2015). Solubilization of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. *Plos One*, 10, e0130081. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130081>. eCollection 2015.
- Machado, D. F. M., Parzianello, F. R., Silva, A. C. F., & Antonioli, Z. I. (2012). *Trichoderma* no Brasil: O fungo e o bioagente. *Revista de Ciências Agrárias*, 35, 274-288. <https://doi.org/10.19084/rca.16182>.
- Machado, D. F. M., Tavares, A. P., Lopes, S. J., & Silva, A. C. F. (2015). *Trichoderma* spp. na emergência e crescimento de mudas de cambará (*Gochmatia polymorpha* (Less.) Cabrera). *Revista Árvore*, 39, 167-176. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100016>.
- Maciel, C. G. et al. (2014). Antagonismo de *Trichoderma* SPP. e *Bacillus subtilis* (UFV3918) a *Fusarium sambucinum* em *Pinus elliottii* engelm. *Revista Árvore*, 38, 505-512. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000300013>.
- Mafia, R. G. et al. (2005). Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. *Revista Árvore*, 29, 843-851.
- Mafia, R. G. et al. (2007). Indução do enraizamento e crescimento do eucalipto por rizobactérias: efeito da adição de fonte alimentar e da composição do substrato de enraizamento. *Revista Árvore*, 31, p.589-597.
- Marques, E., & Uesugi, C. H. (2013). Avaliação de bactérias extremófilas facultativas na produção de fitomassa do híbrido "urograndis" de eucalipto, a partir de sementes. *Revista Árvore*, 37, 41-47. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100005>.
- Moreira, A. L. L. E., & Araújo, F. F. (2013). Bioprospecção de isolados de *Bacillus* spp. como potenciais promotores de crescimento de *Eucalyptus urograndis*. *Revista Árvore*, 37, 933-943. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500016>.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. E., & McMahon, T. A. (2007). Mapa mundial atualizado da classificação climática de Köppen-Geiger, *Hydrol. Sistema Terra, Sci.*, 11, 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>.
- Promwee, A., Issarakraisila, M., Chamswang, C., & Yenjit, P. (2014). Phosphate solubilization and growth promotion of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) by *Trichoderma* strains. *Journal of Agricultural Science*, 6, 8-20. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n9p8>.
- Raasch, L. D., Bonaldo, S. M., & Oliveira, A. A. F. (2013). *Bacillus subtilis*: enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso. *Bioscience Journal*, 29, 1446–1457.
- Oliveira, R. S., Martins, A., Martins, A. L. L., Nunes, H. V., Nunes, B. H. N., Chagas, L. F. B., & Chagas Júnior, A. F. (2021). Biocontrol in vitro of *Trichoderma* spp. for pathogens *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, and *Curvularia luneta*. *Revista de Ciências Agrárias*, 44, 58-67. <https://doi.org/10.19084/rca.21282>.
- Santos, H. A., Mello, S. C. M., & Peixoto, J. R. (2010). Associação de isolados de *Trichoderma* spp. e ácido indol-3- butírico (AIB) na promoção de enraizamento de estacas e crescimento de maracujazeiro. *Bioscience Journal*, 26, 966-972.
- Shanmugaiyah, V., Balasubramanian, N., Gomathinayagam, S., Manoharan, P. T., & Rajendran, A. (2009). Effect of single application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth cotton plants. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 1220-1225.
- Silva, V. N., Guzzo, S. D., Lucon, C. M. M., & Harakava, R. (2011). Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 1609-1618.
- Singh, V., Singh, P. N., Yadav, R. L., Awasthi, S. K., Joshi, B. B., Singh, R. K., Lal, R. J., & Duttamajumder, S. K. (2010). Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2, 66-71.
- Stewart, A., & Hill, R. (2014). Applications of *Trichoderma* in plant growth promotion. In: Gupta, V. K., Schmoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R. S., Druzhinina, I., & Tuohy, M. G. *Biotechnology and biology of Trichoderma*. Boston: Elsevier USA, 415-428.
- Suassuna, N. D., Silva, J. C., & Bettioli, W. (2019). Uso do *Trichoderma* na cultura do algodão. In: Meyer, M. C., Mazaro, S. M., & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa. p. 361-379.
- Teixeira, D. A., Alfenas, A. C., Mafia, R., Ferreira, M. A., Siqueira, L. Mafia, L. A., & Mounteer, A. (2007). Rhizobacterial promotion of eucalypt rooting and growth. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38, 1181-123. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822007000100025>.
- Woo, S. L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Lanzuise, S., Manganiello, G., & Lorito, M. (2014). *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal*, 8, 71-126. <https://doi.org/10.2174/187443700140801>