



PBPC
ISSN 2674-9432



Qualis A3
CAPES 2021-2024



DOI - Crossref

Latindex

Indexado no
Google Acadêmico

EFEITO DA INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS NA OBTENÇÃO DE MUDAS DE CAFÉ CONILON.

Juliana Azevedo, Gustavo Stinguel Thomazini, Robson Ferreira Almeida, Bruno Silva Bruni, Andressa Racanelli Sian, Rocky Wedson Ferreira Azevedo, Lázaro de Oliveira Freitas Martins, Thiago José Barbosa Varnier, Mikaela da Silva Tavares, Catia Aparecida Simon



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n2p972-991>

Artigo recebido em 18 de Fevereiro e publicado em 18 de Abril de 2026

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de café do mundo, tendo o estado do Espírito Santo como um destaque nacional. A cafeicultura capixaba, essencial à economia do Espírito Santo, ainda enfrenta desafios ligados ao uso intensivo de fertilizantes e à baixa eficiência fisiológica das mudas. Diante destas informações, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal no desenvolvimento de plantas de café conilon (*Coffea canephora*) vem se tornando uma alternativa. Nesse contexto, bactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas* destacam-se por sua capacidade de fixar nitrogênio, solubilizar fosfatos e sintetizar fitormônios, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento radicular e aéreo das plantas. O experimento foi realizado no IFES Campus Itapina, conduzido em delineamento de blocos casualizados, com sete tratamentos e seis repetições, cada tratamento foi composto por 5 plantas, totalizando 210 mudas. O substrato utilizado foi composto por terra de barranco e matéria orgânica (cama de frango), inoculado com diferentes combinações bacterianas. As estacas utilizadas foram do clone de café conilon A1. Nesta pesquisa foram avaliadas variáveis morfológicas, com seus dados sendo comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Com a análise dos dados, os resultados evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos, principalmente para as variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa. O tratamento contendo *Azospirillum brasilense* destacou-se no incremento do número de folhas, enquanto *Pseudomonas fluorescens* apresentou desempenho superior para massa fresca da parte aérea. A coinoculação entre *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens* também resultou em maior acúmulo de biomassa, sugerindo efeito sinérgico. Nesse contexto, conclui-se que a inoculação de bactérias promotoras de crescimento é uma estratégia eficiente para melhorar o desempenho agrônomo das mudas de café conilon, reduzindo a dependência de insumos químicos e

fortalecendo práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Alternativa, *Coffea canephora*, Crescimento, Microrganismos.

ABSTRACT

Brazil is the largest coffee producer in the world, with the state of Espírito Santo standing out nationally. Coffee production in Espírito Santo, which is essential to the state's economy, still faces challenges related to the intensive use of fertilizers and the low physiological efficiency of seedlings. In light of this, the use of plant growth-promoting microorganisms in the development of conilon coffee plants (*Coffea canephora*) has become an alternative. In this context, bacteria of the genera *Azospirillum*, *Bacillus*, and *Pseudomonas* stand out for their ability to fix nitrogen, solubilize phosphates, and synthesize phytohormones, contributing to root and shoot growth and development. The experiment was carried out at IFES Campus Itapina, using a randomized block design with seven treatments and six replications; each treatment consisted of five plants, totaling 210 seedlings. The substrate used was composed of subsoil and organic matter (poultry litter), inoculated with different bacterial combinations. The cuttings used were from the A1 conilon coffee clone. In this study, morphological variables were evaluated, and the data were compared using the Scott-Knott test at a 5% probability level. Data analysis revealed significant differences among treatments, mainly for variables related to vegetative growth and biomass accumulation. The treatment containing *Azospirillum brasilense* stood out in increasing the number of leaves, while *Pseudomonas fluorescens* showed superior performance for shoot fresh mass. The co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* also resulted in greater biomass accumulation, suggesting a synergistic effect. In this context, it is concluded that the inoculation of plant growth-promoting bacteria is an efficient strategy to improve the agronomic performance of conilon coffee seedlings, reducing dependence on chemical inputs and strengthening sustainable agricultural practices.

Keywords: Alternative, *Coffea canephora*, Growth, Microorganisms.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1 INTRODUÇÃO

O café conilon é pertencente à família Rubiaceae e possui origem no continente Africano, mais precisamente na região do Congo (Eccardi; Sandilj; 2002). Sendo, segundo a BBC (British Broadcasting Corporation), largamente produzido em diversos países, com destaque na produção no Brasil, Vietnã, Indonésia e Colômbia.

O café é a segunda bebida mais consumida entre os brasileiros (Gatto *et al.*, 2020). Nesse viés, devido à alta procura pelo item e sua notória importância socioeconômica, a cultura se consolidou como uma das cinco potências agrícolas mais comercializadas no mundo.

Dentre os principais produtores da cultura, o Estado do Espírito Santo se consolida como um grande produtor. A cultura do café foi introduzida no Estado em 1912, e desde então tornou-se líder da produção de café conilon no Brasil (Ferrão *et al.*, 2017). Ademais, o ES chegou a entregar cerca de 68,9% da produção nacional no ano de 2021 (Conab, 2022). Sendo considerada a principal fonte de renda em 80% das propriedades rurais capixabas. O estado é referência tanto no cultivo quanto em pesquisa, contribuindo de grande forma para a cafeicultura nacional (Incaper, 2021).

Apesar de o café conilon ser um forte colaborador para o PIB brasileiro, existem adversidades que comprometem a produtividade e desenvolvimento das lavouras. De acordo com (Souza *et al.*, 2021), o principal fator que impede o máximo desenvolvimento e produtividade das lavouras cafeeiras, é a produção de mudas com baixa qualidade e vigor. É válido ressaltar que a produção de mudas vigorosas e sadias é considerada como o passo mais importante para o desenvolvimento de uma lavoura cafeeira de alto desempenho (Fonseca *et al.*, 2019). Deste modo, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece as normas para a produção e comercialização de material propagativo de cafeeiro e seus padrões, visando a garantia de sua identidade e qualidade, de modo a oferecer maior grau de segurança ao cafeicultor (Brasil, 2012).

As mudas podem ser obtidas de duas formas distintas. Como a forma sexuada, que se baseia na fusão de gametas com o uso de sementes, e a forma assexuada que consiste no uso de estruturas vegetativas de plantas matrizes (Carvalho *et al.*, 2008). Devido as



plantas de conilon serem classificadas como planta alógama, quando o cafeeiro é propagado por via seminífera, as mudas sofrem variações quanto ao seu desenvolvimento vegetativo, produtividade, resistência a ocorrência de pragas e doenças, desuniformidade de maturação, uniformidade dos grãos, frutos e folhas (Bragança et al., 2001).

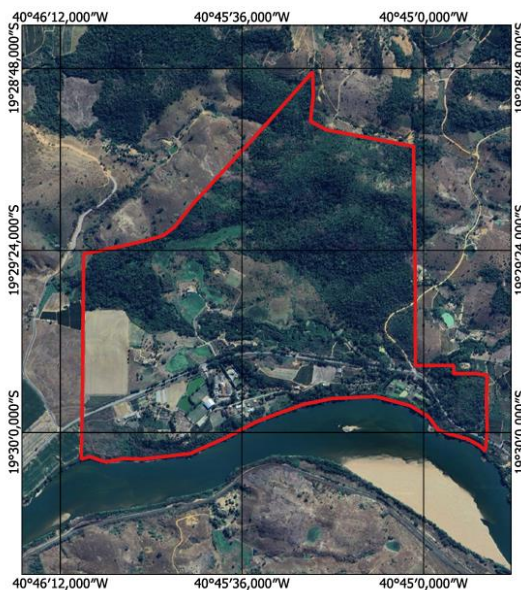
Como forma de produzir mudas saudáveis, a interação entre bactérias, solos e plantas tem se mostrado uma técnica promissora, em razão do potencial biotecnológico, evidenciado pelos aumentos em produtividade, redução dos custos devido ao menor volume de fertilizantes aplicados, e melhor conservação dos recursos ambientais. Entretanto, para alcançar o máximo desse benefício, a inoculação deve ser consorciada com níveis adequados de fertilizantes (Souza et al., 2015). Em um estudo realizado por Ferraro et al. (2023), em que foi estudado a inoculação de mudas de café com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, foi observado que a área foliar apresentou resultados positivos a partir da inoculação, apresentando um aumento de 4% quando comparado a mudas não inoculadas, além de promover também um incremento no sistema radicular de 14% superior às mudas não inoculadas, sendo esse parâmetro importante para o bom desenvolvimento e pegamento das mudas de café.

Diante dessas informações o presente estudo teve por objetivo avaliar o potencial agrônomo de diferentes inóculos promotores de crescimento no desenvolvimento de mudas de café conilon.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido na Área Experimental do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, localizado no distrito de Itapina no município de Colatina – ES (Figura 01), área de abrangência da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), com coordenadas geográficas de 19° 32' 22" de latitude Sul; 40° 37' 50" de longitude Oeste e altitude de 71 metros. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é "Aw". O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 1. Localização geográfica do IFES Campus Itapina.



Fonte: do próprio autor.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizado (DBC) com 7 tratamentos distribuídos em 6 blocos, com cada parcela experimental constituída de 5 mudas, totalizando 210 mudas analisadas, conforme tabela 1.

Tabela 1. Microrganismos utilizados

Tratamentos	Inoculantes
T1	<i>Azospirillum brasiliense</i>
T2	<i>Bacillus subtilis</i>
T3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
T4	<i>Azospirillum brasiliense</i> + <i>Bacillus subtilis</i>
T5	<i>Azospirillum brasiliense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>
T6	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>
T7	Substrato sem inoculante

Inicialmente, obteve-se substrato para as mudas de café, composto por terra de barranco e cama de frango, seguindo a metodologia comercialmente utilizada nos viveiros da região. Este substrato foi misturado e utilizado no preenchimento das sacolinhas.

Após o preenchimento das sacolinhas, utilizando uma micropipeta, foi realizada a



inoculação dos microrganismos, de acordo com seu respectivo tratamento. O inoculante foi aplicado com uma concentração mínima de 1×10^9 CFU/mL, com dose aplicada em uma proporção de 400 mL de inoculante por toneladas de fertilizante, totalizando 2,5 ml de inoculante por muda.

Momentos após a inoculação, utilizando o sistema de estaquia do café conilon, feito com estacas do café conilon do clone A1, realizou-se o plantio dos propágulos. Cada sacolinha recebeu uma estaquinha, a qual com seu desenvolvimento, deu origem às futuras mudas de café.

As mudas foram mantidas em casa de vegetação com tela de poliolefina (50% de sombreamento) e irrigação por aspersão automatizada durante 120 dias. Dentro desse período não foi feita adubação. Após este período, realizou-se diferentes avaliações morfológicas.

Para as avaliações de crescimento das mudas, foram utilizadas as cinco plantas totais da parcela experimental. Em 120 dias após o plantio, foram mensurados os dados de Altura da planta (AP); Diâmetro do caule (DC), Número de folhas expandidas (NF) e o Índice de clorofila A (ICA) e Índice de clorofila B (ICB). Com a mensuração destas variáveis, as plantas foram encaminhadas para o Laboratório de Fitotecnia do Ifes - Campus Itapina, sendo realizado a obtenção dos dados de Massa fresca da parte aérea (MFPA) em mg planta⁻¹; Massa fresca da raiz (MFR) em mg/planta; Massa seca parte aérea (MSPA) em mg/planta; Massa seca da raiz (MSR) em mg/planta.

A massa do sistema radicular e a parte aérea seca, úmida e total foram determinados pelo método gravimétrico em estufa com circulação de ar forçada a 65°C por 72 horas e com auxílio de balança analítica de precisão (mg).

Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA. A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk ($p < 0,05$) e a homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de O’Neill & Mathews, a 5% de significância.

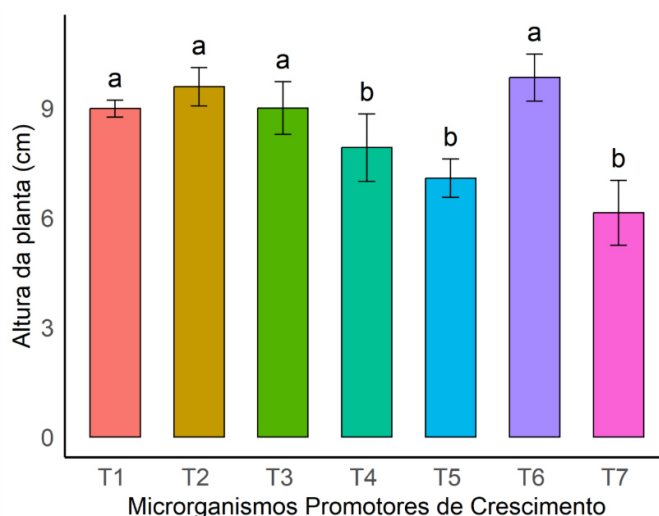
3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Como resultado, pelos dados obtidos pelo teste de Scott-Knott, observou-se que houve diferença estatística para a Altura da Planta (AP), conforme figura 2. Os tratamentos T6 (*Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens*), T2 (*Bacillus subtilis*), T3 (*Pseudomonas fluorescens*) e T1 (*Azospirillum brasilense*) apresentaram as maiores médias, enquanto T4, T5 e T7 apresentaram médias inferiores. Esse resultado demonstra que tanto a inoculação individual quanto em combinações específicas entre microrganismos PGPR promoveu incremento expressivo na altura das mudas, sendo esse um indicador fisiológico diretamente associado ao maior alongamento celular, síntese hormonal e estímulo ao crescimento primário.

O desempenho do T1, T2, T3 e T6 está alinhado à literatura, uma vez que espécies de *Azospirillum* e *Bacillus* são responsáveis pela produção de auxinas, citocininas e giberelinas, capazes de acelerar o alongamento de tecidos jovens e aumentar o crescimento aéreo em condições de viveiro (Huergo et al., 2008; Cassán et al., 2008). Da mesma forma, *Pseudomonas fluorescens* apresenta elevada capacidade de solubilização de fósforo e maior disponibilização de nutrientes na rizosfera (Coelho et al., 2007; Cisneros-rojas et al., 2017), o que resulta em maior eficiência no metabolismo primário e no desenvolvimento vegetativo inicial.

Resultados semelhantes para incremento em biomassa e estrutura aérea em mudas de *Coffea* spp. inoculadas com *Bacillus* foram registrados por Ferraro et al. (2023), reforçando que este gênero bacteriano apresenta desempenho consistente para etapas de formação de mudas. German et al. (2000) também observaram aumento significativo no crescimento aéreo e radicular em feijoeiro inoculado com *Azospirillum brasilense*, confirmando o papel fisiológico da espécie no estímulo inicial de crescimento.

Figura 02. Altura da Planta com a utilização de diferentes microrganismos.



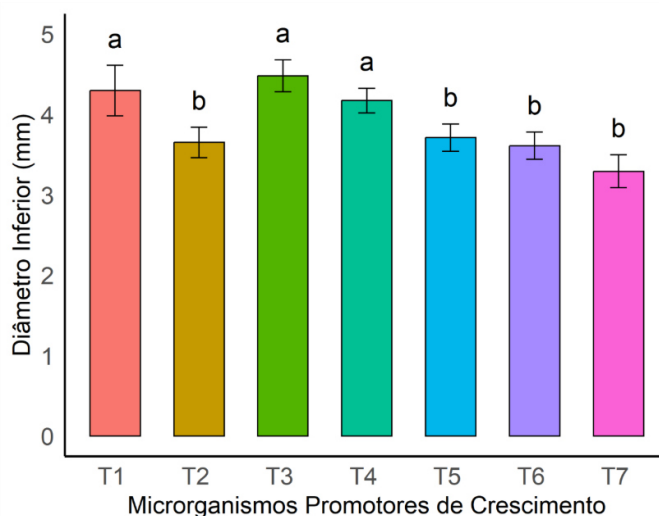
Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a variável Diâmetro do Caule (DC), o teste de Scott-Knott evidenciou diferença estatística entre os tratamentos (Figura 3). Os tratamentos T3 (*Pseudomonas fluorescens*), T1 (*Azospirillum brasilense*) e T4 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*) compuseram o grupo superior, apresentando as maiores médias. Esse desempenho está associado ao melhor espessamento basal do caule, uma característica diretamente ligada à maior lignificação, síntese de parede celular e maior suporte estrutural para a planta em fase jovem.

Esse resultado é coerente com estudos que demonstram que *Azospirillum brasilense* promove maior produção de auxinas e citocininas, o que estimula a divisão celular e a expansão de tecidos vasculares, repercutindo em maior calibre de caule (Huergo et al., 2008; Cassán et al., 2008). Da mesma forma, *Pseudomonas fluorescens* apresenta alta capacidade de solubilização de fosfatos, elevando a disponibilidade de P na rizosfera (Coelho et al., 2007), nutriente fundamental para síntese de ATP e polimerização de componentes estruturais, refletindo em maior espessamento de tecidos condutores. Além disso, a sinergia observada em T4 sugere que a associação *Azospirillum* + *Bacillus* pode potencializar tanto o aporte hormonal quanto a mobilização de nutrientes, o que já havia sido demonstrado por Ferraro et al. (2023), que registraram incremento significativo em parâmetros estruturais em mudas de café inoculadas com *Bacillus* spp.

Por outro lado, os demais tratamentos (T5, T2, T6 e T7) obtiveram resultados inferiores aos demais, apresentando diâmetros caulinares menores. Esse comportamento sugere que, para a variável diâmetro, a composição microbiana presente em T3, T1 e T4 foi mais eficiente em induzir mecanismos fisiológicos de espessamento basal, reforçando que a formação do caule não responde apenas à presença de microrganismos, mas sim ao tipo e à combinação funcional dos PGPR empregados.

Figura 3 - Diâmetro do Caule com a utilização de diferentes microrganismos.



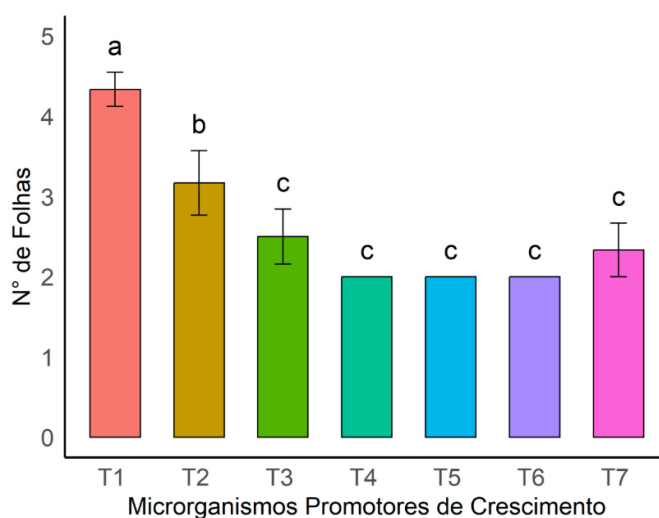
Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação ao número de folhas (NF), o teste de agrupamento de Scott-Knott evidenciou a formação de três grupos estatísticos distintos (Figura 4). O tratamento T1 (*Azospirillum brasilense*) apresentou a maior média, sendo classificado no grupo “a” e destacando-se como o mais eficiente para promover a formação foliar nas mudas. Esse comportamento é fisiologicamente consistente, uma vez que *Azospirillum brasilense* possui elevada capacidade de síntese de fitormônios, especialmente auxinas e citocininas, os quais atuam diretamente na divisão celular e na expansão do limbo foliar, favorecendo o surgimento de novos meristemas e folhas funcionais (Huergo et al., 2008; Cassán et al., 2008). German et al. (2000) também observaram incremento significativo no crescimento vegetativo e área foliar em plantas inoculadas com *Azospirillum*, reforçando que esse gênero possui ação pronunciada sobre o desenvolvimento da parte aérea.

O tratamento T2 (*Bacillus subtilis*) compôs o grupo intermediário (“b”), apresentando desempenho moderado. Embora os *Bacillus* sejam reconhecidos pela capacidade de solubilizar fósforo e produzir sideróforos (Kundan et al., 2015; Shafi et al., 2017), o efeito expressivo sobre número de folhas é frequentemente menor que o observado para espécies do gênero *Azospirillum*, que atuam mais fortemente na via hormonal associada a meristemas apicais.

Os demais tratamentos (T3, T4, T5, T6 e T7) permaneceram agrupados no grupo “c”, com as menores médias para esta variável. Esse resultado indica que, embora microrganismos PGPR possam atuar sinergicamente em algumas características, nem toda combinação microbiana resulta em efeito superior, fenômeno que também é relatado em estudos de co-inoculação, onde a competição por exsudatos pode limitar o efeito individual de determinadas cepas (Barbaro et al., 2008). Assim, observa-se que apenas o tratamento T1 foi efetivamente capaz de promover incremento foliar significativo, evidenciando que *Azospirillum* brasileiro desempenhou papel central na indução de novos tecidos fotossintéticos em mudas de *Coffea canephora*.

Figura 4. Número de Folhas (Un) com a utilização de diferentes microrganismos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

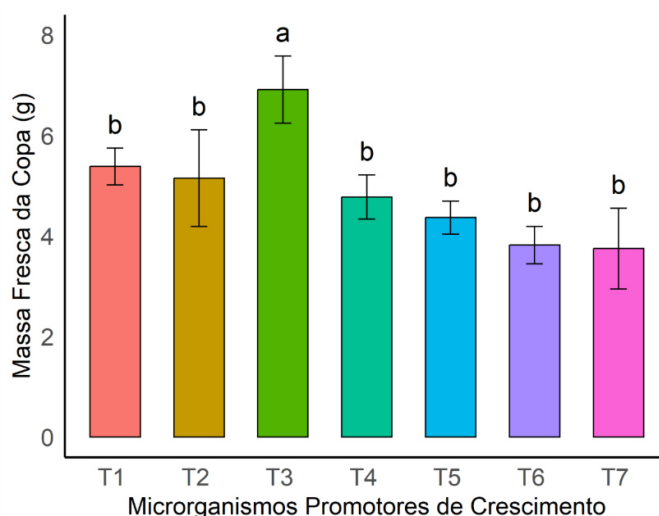
Para a variável Massa Fresca da Copa (MFC), o teste de Scott-Knott identificou diferença estatística entre os tratamentos (Figura 5). O tratamento T3, contendo *Pseudomonas*

fluorescens, foi classificado como o superior, comparado aos demais, apresentando a maior média e se destacando como o mais eficiente em promover acúmulo de biomassa aérea. Esse resultado é coerente com o potencial desse gênero bacteriano, uma vez que *Pseudomonas* apresenta elevada capacidade de solubilizar compostos fosfatados e liberar nutrientes orgânicos retidos na matriz do substrato, resultando em maior disponibilidade de P e N assimiláveis, essenciais para fotossíntese, expansão foliar e síntese proteica (Strzelczyk et al., 1994; Rodriguez et al., 2004). Além disso, a presença de sideróforos produzidos por *Pseudomonas fluorescens* melhora o aporte nutricional de micronutrientes metálicos, favorecendo vias metabólicas de manutenção e crescimento da parte aérea (Kloepper et al., 1989). Dessa forma, verifica-se que apenas o T3 apresentou superioridade real para a massa fresca da copa.

Ademais, para a massa fresca da raiz, o teste de Scott-Knott resultou na formação de três grupos estatísticos distintos (Figura 6). Os tratamentos T3 (*Pseudomonas fluorescens*) e T1 (*Azospirillum brasilense*) foram classificados como tratamentos superiores, evidenciando que essas duas espécies bacterianas foram capazes de promover maior desenvolvimento radicular em termos de acúmulo de biomassa fresca. Esse comportamento pode ser explicado pela natureza complementar dos mecanismos desses microrganismos: *Azospirillum* se destaca pela elevação hormonal que estimula alongamento e emissão de raízes laterais, enquanto *Pseudomonas* eleva a oferta nutricional no microambiente radicular (Cassán et al., 2008; Cisneros-rojas et al., 2017).

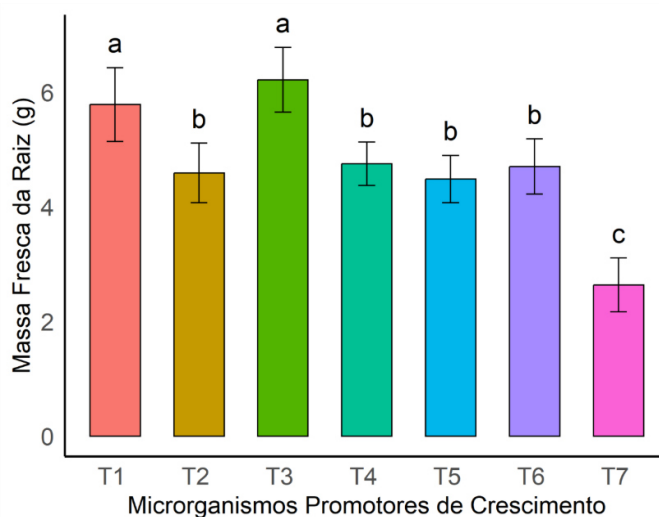
Os tratamentos T4, T6, T2 e T5 compuseram o grupo intermediário, sugerindo que nem toda associação entre espécies bacterianas resulta em sinergia funcional, fato já relatado em estudos de coinoculação onde determinadas combinações apresentam efeitos neutros ou até competitivos pelos exsudatos da raiz (Lugtenberg; Kamilova et al., 2009). Já o T7, testemunha sem inoculante, isolou-se no grupo “c”, com a menor média registrada, reforçando que o incremento de massa fresca radicular está diretamente relacionado à presença de bactérias promotoras de crescimento, e não apenas ao substrato.

Figura 5 - Massa Fresca da Copa com a utilização de diferentes microrganismos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 6 - Massa Fresca da Raiz com a utilização de diferentes microrganismos.



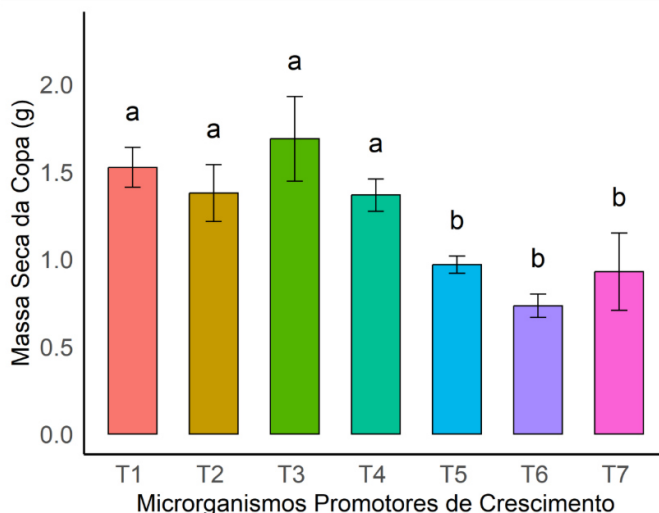
Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a variável Massa Seca da Copa (MSC), houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 7), com a formação de dois grupos estatísticos. Os tratamentos T3 (*Pseudomonas fluorescens*), T1 (*Azospirillum brasilense*), T2 (*Bacillus subtilis*) e T4 (*Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*) foram classificados no grupo superior, apresentando as maiores médias para esta variável. Esse comportamento demonstra que

esses microrganismos foram mais eficientes em promover o acúmulo de biomassa estrutural aérea, o que está diretamente associado à maior eficiência fotossintética, assimilação de carbono e aumento de taxas de fixação líquida (Strzelczyk et al., 1994). Estudos relatam que PGPR podem acelerar a deposição de tecidos lignificados e celulósicos na parte aérea de plantas jovens, resultando em maior proporção de sólidos estruturais por unidade de área foliar (Kavamura et al., 2013). Esse efeito é particularmente consistente no contexto de mudas, pois nessa fase a conversão de massa fresca em massa seca é um indicador mais confiável de ganho fisiológico do que apenas crescimento dimensional. Assim, fica evidente que o grupo T3, T1, T2 e T4 demonstrou maior eficiência metabólica e estrutural.

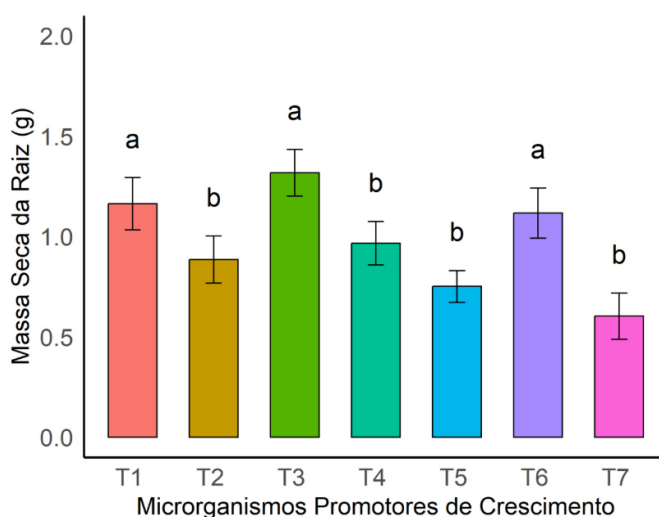
No caso da Massa Seca da Raiz (MSR), os tratamentos T3 (*Pseudomonas*), T1 (*Azospirillum*) e T6 (*Bacillus + Pseudomonas*) alcançaram maiores médias (Figura 8). Esses resultados confirmam que esses microrganismos influenciaram positivamente a densidade e robustez do sistema radicular, parâmetros fortemente associados ao acúmulo de carboidratos de reserva e maior proporção de tecidos suberizados (Raschke et al., 2015). Além disso, a superioridade de T6, que foi o único tratamento com combinação de bactérias que se destacou nessa avaliação, demonstra que, neste caso específico, a coinoculação *Bacillus + Pseudomonas* produziu efeito sinérgico, o que é coerente com relatos de que determinadas combinações podem favorecer colonização radicular complementar, reduzindo competição por sítios de infecção. Por outro lado, os tratamentos T4, T2, T5 e T7 obtiveram menor acúmulo de massa seca radicular, o que confirma que o efeito positivo sobre desenvolvimento estrutural em raízes não ocorre simplesmente pela presença de PGPR, mas é dependente da compatibilidade fisiológica e funcional das cepas utilizadas.

Figura 7 - Massa Seca da Copa (g) com a utilização de diferentes microrganismos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 8 - Massa Seca da Raiz (g) com a utilização de diferentes microrganismos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o parâmetro clorofila A, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$) (Tabela 2), indicando que os tratamentos não alteraram o conteúdo de pigmentos fotossintéticos. Isso pode ser explicado pelo fato de que o teor de clorofila é altamente influenciado por microvariações ambientais, especialmente intensidade luminosa dentro da estufa, idade fisiológica das folhas e posição do tecido avaliado, fatores que podem

oscilar mesmo dentro do mesmo tratamento (Taiz; Zeiger, 2017).

Tabela 2. Análise da Clorofila A e Clorofila B com a utilização de diferentes microrganismos.

Tratamentos	ICA	ICB
T1	24,73 ns	5,65 ns
T2	31,98 ns	9,11 ns
T3	24,45 ns	4,26 ns
T4	31,53 ns	7,16 ns
T5	23,31 ns	6,46 ns
T6	28,98 ns	7,33 ns
T7	29,20 ns	7,33 ns
CV (%)	31,97	54,07

Todos os resultados expressos acima não foram significativos (ns), ou seja, não diferem estatisticamente entre si segundo o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (>0,5).

O coeficiente de variação (31,97%) foi considerado elevado, o que indica alta variabilidade entre plantas dentro do mesmo tratamento, sugerindo que a oscilação ambiental interna do experimento teve maior impacto sobre o teor de pigmentos do que o efeito real dos tratamentos aplicados. Segundo Lichtenthaler (1999), pequenas diferenças de luminosidade e microclima podem provocar alterações imediatas no conteúdo de clorofilas, o que explica a elevada dispersão dos dados e a ausência de diferenças estatísticas.

Assim como observado para clorofila A, também não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para clorofila B ($p > 0,05$) (Tabela 01). Além disso, o coeficiente de variação foi ainda maior (54,07%), evidenciando baixa precisão experimental. Esse comportamento é comum em quantificação de pigmentos fotossintéticos, uma vez que clorofila A e B é particularmente sensível a variações luminosas e condição fisiológica do limbo foliar no momento da coleta, podendo oscilar em função de pequenas diferenças de posição foliar, tempo de exposição à luz e idade da folha (Araujo.; Deminicis, 2019). Dessa forma, o elevado CV e a dispersão dos dados indicam que a heterogeneidade ambiental interna e a resposta fisiológica individual das plantas foram mais determinantes do que os tratamentos, mascarando possíveis diferenças reais, conforme também relatado por Lichtenthaler e Wellburn (1983) quando trataram



da instabilidade de mensurações de pigmentos em condições de campo e estufa.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal constitui uma estratégia eficaz para aprimorar o crescimento de mudas de café conilon. Entre as espécies avaliadas, *Azospirillum brasilense* (T1) destacou-se por promover incrementos expressivos em características morfológicas, especialmente no número de folhas, enquanto *Pseudomonas fluorescens* (T3) apresentou maior eficiência no aumento da massa fresca da parte aérea. No que se refere às combinações microbianas, o tratamento com *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas fluorescens* (T6) evidenciou efeitos sinérgicos no acúmulo de biomassa. Assim, a utilização de microrganismos benéficos configura-se como uma alternativa promissora para fortalecer a fase inicial de produção de mudas e contribuir para sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

5 REFERÊNCIAS

- Araujo, S. A. C.; Deminicius, B. B. Pigmentos fotossintéticos: importância e determinação. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, v. 11, n. 1, p. 14–24, 2019.
- Barbaro, I. M. et al. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento e produtividade. **Infobibos**, 2008.
- Bragança, S. M. et al. Café Conilon: técnicas de produção com sustentabilidade. 2. ed. Vitória: INCAPER, p. 334, 2017.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 35, de 29 de novembro de 2012.
- Carvalho, M. et al. Field performance of vegetative and seed propagated plants of coffee (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 108-114, 2008.
- Cassán, F. et al. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp.: aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, p. 61-86, 2008.



Cisneros-rojas, C. A. et al. Efecto de bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el desarrollo de plántulas de café. **Agronomía Mesoamericana**, v. 28, n. 1, p. 149-158, 2017.

Coelho, L. F. et al. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1413-1420, 2007.

Conab. Acompanhamento da safra brasileira de café – safra 2021, nº4 – quarto levantamento – dezembro 2021. Brasília: CONAB, 2022.

Eccardi, F.; Sandalj, M. I; Caffè Conilon. Trieste: Sandalj Trading Company, 2002.

Ferraro, A. C. et al. Commercial characteristics of coffee seedlings produced with different sources of phosphorus and plant growth-promoting bacteria. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. 1-8, 2023.

Ferrão, M. A. G. et al. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. Café Conilon. Vitória: p. 64-91, 2017.

Fonseca, A. F. et al. Produção de mudas saudáveis e vigorosas: fundamentos para lavouras cafeeiras de alto desempenho. **Revista Brasileira de Ciência do Café**, v. 10, n. 2, p. 85-94, 2019.

Gatto, A. P. et al. Consumo de café e seus efeitos na saúde humana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 2-29, 2020.

German, R. et al. Effects of *Azospirillum* inoculation on root growth and biomass in common bean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 7, p. 1101-1108, 2000.

Huergo, P. S. et al. Bactérias promotoras de crescimento vegetal: mecanismos de ação e aplicações na agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Microbiologia Aplicada**, v. 42, n. 3, p. 123-134, 2008.

Incaper. Recomendações técnicas para o cultivo do café conilon no Espírito Santo. Vitória: INCAPER, p. 72, 2020.



Kavamura, V. N. et al. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. *Microbiological Research*, v. 168, p. 183–191, 2013.

Kloepper, J. W.; et al. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature Biotechnology*, v. 7, p. 576-578, 1989.

Kundan, R. et al. Plant growth promoting rhizobacteria: a review. *Journal of Advanced Research*, v. 4, n. 3, p. 283–290, 2015.

Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, v. 148, p. 350–382, 1983.

Lichtenthaler, H. K. The chlorophylls. *Chlorophylls*. Boca Raton: CRC Press, p. 1-26, 1999.

Lugtenberg, B.; Kamilova, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, v. 63, p. 541-556, 2009.

Raschke, M. et al. Influence of rhizobacterial volatiles on the root system architecture and the production and allocation of biomass in the model grass *Brachypodium distachyon* (L.) Beauv. *BMC Plant Biology*, v. 15, article 195, 2015.

Rodriguez, H. et al. Beneficial effects of rhizobacteria on crop productivity and soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 36, n. 8, p. 1234-1242, 2004.

Shafi, J. et al. *Bacillus* species as biocontrol agents and biofertilizers: sustainable alternatives in agriculture. *Microbial Ecology*, v. 74, n. 3, p. 511-523, 2017.

Souza, A. F. et al. Impact of drought associated with high temperatures on *Coffea canephora* plantations. 2021.

Souza, R. C. et al. Microbiologia agrícola e seus impactos na produtividade das culturas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 38, n. 3, p. 411–420, 2015.

Strzelczyk, M; et al. Interactions between rhizobacteria and plants: effects on growth and nutrient uptake. *Microbiological Research*, v. 149, n. 3, p. 215-222, 1994.



EFEITO DA INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS NA OBTENÇÃO DE MUDAS DE CAFÉ CONILON.
Azevedo *et. al.*

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.