

## Bioprospecção da atividade antimicrobiana do caldo de fermentação produzido pelo endofítico *Paenibacillus terrae* em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-030>

### Larissa de Cássia Barbosa

Graduanda em Bacharelado em Biotecnologia  
Laboratório de Microbiologia e Biomoléculas – LaMiB  
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

### Cristina Paiva de Sousa

Doutorado em Microbiologia pela USP (São Paulo) e  
Pós-Doutorado pela Université de Montréal, Canada.  
Professor Associado da Universidade Federal de São  
Carlos.

Coordenadora do LaMiB.

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em  
Biotecnologia (PPGBiotec) da UFSCar.

Laboratório de Microbiologia e Biomoléculas – LaMiB  
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia –  
PPGBiotec

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7151-5085>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/9002619114161319>

E-mail: [prokarya@ufscar.br](mailto:prokarya@ufscar.br)

### RESUMO

O Cerrado é segundo maior bioma brasileiro constituído por um conjunto de ecossistemas com várias espécies endêmicas. Contidos nessa grande biodiversidade estão os microrganismos endofíticos, isolados de tecidos vegetais, que podem proporcionar diversos benefícios para a planta hospedeira, através da produção de metabólitos secundários bioativos. Além da promoção de crescimento vegetal, aumento da resistência da planta a estresses bióticos e abióticos, esses metabólitos secundários possuem aplicações diversas, entre elas antibióticos, inseticidas, antioxidantes naturais, agentes antitumorais, entre outros. Avaliou-se o potencial antibacteriano e antifúngico de *Paenibacillus terrae* e também em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus*

*megaterium*, buscando uma maior atividade acerca da produção de bioatividade. Para os microrganismos testados, detectou-se halos de inibição (mm) de 8,6, 9,4 e 11,4 para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*, respectivamente. Contra *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, não detectou-se inibição devido, provavelmente, a inibição seletiva. *Paenibacillus terrae* apresentou resultados melhores quando em co-cultivo com *Bacillus megaterium*, contra *E. coli* e *S. aureus*, com halos de 10,6 e 9,5 mm, respectivamente. Em contrapartida, o co-cultivo com *B. megaterium*, contra *C. albicans*, não houve inibição. O mesmo aconteceu com os testes de co-cultivo de *P. terrae* com *B. thuringiensis*, contra todos os microrganismos testados. Esses resultados obtidos devem sinalizar para um maior pressão seletiva entre os microrganismos testados, gerando a presença de halos de inibição. Dentre todos os antibióticos testados contra *Paenibacillus terrae* AK, AMP, CA, CFL, CM, CI, CLO, EI, GE, NT, OX, SUT, TE e TT, os maiores potenciais inibitórios foram contra SUT, CLO e AK, com 37,3, 31,0 e 22,25 mm de inibição. CA, CFL, CI e OX não inibiram. Os dados obtidos são similares a outros trabalhos e indicam ainda a permanência de susceptibilidade microbiana à maioria dos antibióticos testados. A bioprospecção de endofíticos é essencial para a busca por metabólitos bioativos visto que a produção de biomoléculas podem contribuir como agentes de biocontrole, inibição microbiana e parasitária, como anti-inflamatórios e na indústria, farmácia, medicina e biotecnologia.

**Palavras-chave:** Cerrado, Endofíticos, Atividade antimicrobiana, Co-cultivo, *Paenibacillus terrae*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus megaterium*.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro localizado na região central do Brasil e contempla um conjunto de ecossistemas, entre eles savanas, matas, campos e matas de galeria. Ocupando cerca de 21% do território nacional, compõe parte dos estados da Bahia, Goiás, Piauí, São Paulo e Tocantins, e também o Distrito Federal [1,2]. Esse bioma apresenta três formações vegetais,

sendo elas florestais, formando dosséis contínuos ou descontínuos, com o predomínio de espécies arbóreas (cerradão e mata seca); savânicas, contendo áreas com arbustos e árvores sobre um estrato gramíneo porém sem a formação de dossel (cerrado sentido restrito e cerrado ralo); e campestre, onde são predominantes espécies herbáceas com a presença de algumas espécies arbustivas, sem árvores na paisagem (campo sujo, campo-cerrado e campo limpo) [1,3].

A variação dos solos e de suas características contribui para a heterogeneidade espacial do Cerrado, sendo influenciada também pela proximidade ou isolamento em relação a regiões vizinhas [3].

Por mais que o Cerrado possua uma grande extensão e seja classificado como um "hot spot" com várias espécies endêmicas, sua biodiversidade ainda é pouco conhecida. Nesse bioma se encontram diversas paisagens, com diferentes fisionomias de vegetação que estão atreladas a elementos físicos e fisiográficos, e esta diversidade compreende uma diversidade florística, com aproximadamente 6.429 espécies já catalogadas, tornando a flora do Cerrado a mais rica entre as savanas [4].

Segundo Machado (2016), foram coletados dados indicando que a porcentagem de espécies brasileiras contidas no Cerrado pode representar entre 20% e 50%, variando com o grupo taxonômico. Constata também que o endemismo em grupos como plantas herbáceas, pode ultrapassar os 70% [5].

Apesar de apresentar tamanha biodiversidade e espécies endêmicas, somente 5,2% da área que constitui o Cerrado é protegida como unidades de conservação, mesmo estando tão sujeito a aceleradas taxas de destruição com o avanço das monoculturas de soja, algodão e pastagens para gado. Estas condições podem afetar o bioma, ocasionando a perda da biodiversidade pela extinção de espécies; a fragmentação de habitats; a invasão de espécies exóticas; a degradação de serviços do ecossistema, tais como a recarga de aquíferos, ciclagem de nutrientes e fluxo de águas; a erosão dos solos e também possíveis alterações climáticas na região [1,2,4].

Em termos numéricos, aproximadamente 33.000km<sup>2</sup> são áreas para conservação, enquanto aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> já foram transformados em culturas, pastagens e outros. Outro estudo relata que 55% do Cerrado já foi desmatado ou transformado pela humanidade. A preocupação com a preservação do Cerrado levou ao surgimento de iniciativas de conservação advindas do governo, setor privado, organizações não governamentais e pesquisadores, trazendo à tona os desafios de demonstrar a ligação entre os ecossistemas e a biodiversidade, e sua importância para o melhor desempenho do bioma [2].

## 1.2 ESPÉCIES VEGETAIS DO CERRADO

O Cerrado possui uma vegetação rasteira característica, que contempla gramíneas e arbustos, árvores baixas com troncos retorcidos e folhas rígidas [6]. As plantas vasculares estão presentes em grande número nesse bioma, somando mais 7.000 espécies, estando entre elas plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós [7]. Sendo considerada a mais diversificada savana tropical do mundo, o Cerrado possui quarenta e quatro por cento da flora endêmica, mas também uma grande diversidade de habitats e espécies [8].

Algumas espécies comuns de arbustos folhosos e semiarbustos do Cerrado são *Aegiphila*, *Anacardium*, *Banisteria*, *Byrsonima*, *Casearia*, *Cordia*, *Diospyros*, *Jacaranda*, *Lantana*, *Miconia*, *Mimosa*, *Myrcia*, *Salacia*, dentre outros [9].

Já espécies de árvores comuns do Cerrado são *Anadenanthera*, *Andira*, *Byrsonima*, *Caryocar*, *Cassia*, *Copaifera*, *Diospyros*, *Eriotheca*, *Hymenaea*, *Myrcia*, *Styrax*, *Sweetia*, *Tabebuia* (às vezes as espécies do cerrado são tratadas como *Tecoma*; recentemente transferido para um novo gênero, *Handroanthus*), entre outras [9].

## 1.3 MICRORGANISMOS ENDOFÍTICOS

A definição de microrganismos endofíticos foi proposta por alguns autores, como qualquer microrganismo que tenha sido isolado do interior de uma planta ou da superfície do tecido vegetal desinfetado, e que não cause danos visíveis para a mesma [24]. Esses microrganismos endofíticos, podem ocasionar diversos benefícios para a planta hospedeira, como promoção de crescimento vegetal, pela produção de metabólitos secundários, podendo aumentar a resistência da planta a estresses bióticos e abióticos. Podem ser capazes de biossintetizar produtos naturais de importância na medicina. Entre as possibilidades de aplicações de metabólitos secundários isolados de endofíticos de plantas estão, antibióticos, inseticidas, antioxidantes naturais, agentes antitumorais, etc [26].

A habilidade de vários endofíticos bacterianos de promover o crescimento vegetal pode ocorrer por mecanismos diretos e indiretos. Um exemplo de mecanismo direto seria quando o endofítico facilita a aquisição de nutrientes essenciais para a planta ou modula o nível de hormônios [25].

### 1.3.1 *Paenibacillus terrae*

*Paenibacillus terrae* é uma bactéria anaeróbica facultativa, Gram-variável, formadora de endosporos, produtora de xilanase e catalase, geralmente presente no solo e se apresenta como colônias cor de creme e formato irregular, finas e translúcidas [10, 11].

Foi relatado em diversos estudos, o potencial da *Paenibacillus terrae* como possível agente de biocontrole e também características de promoção do crescimento das plantas.

Foram descobertas atividade contra Brusone no Arroz causada por *M. oryzae* [12], Podridão cinzenta causada por *Botrytis cinerea* em *Solanum lycopersicum* e em *P. polyphylla* [13,17], *Campylobacter jejuni* pela produção de tridecaptina A [14], Podridão-de-Fusarium e Podridão radicular do tomateiro [15], é inibidora de muitos outros patógenos de plantas, incluindo *R. solani*, *E. turcicum* e *X. campestris* pv. *Glycines* [12].

Quanto à produção de CMCase, *P.terrae* produziu atividade de 2,08 U/mL sob condições de cultivo otimizadas, um rendimento maior do que a maioria das cepas de bactérias aeróbias, mas menor do que várias cepas de bactérias anaeróbias. Maior também que as cepas de fungos anaeróbicos, e menor que a maioria das cepas de fungos aeróbicos [16].

Apontada como uma rizobactéria promotora do crescimento de plantas, *Paenibacillus terrae*, demonstrou promoção no crescimento do arroz, aumentando o número e o comprimento da raiz em 34,2% e 34,1%, respectivamente, e também, que pode aumentar a resistência ao estresse regulando a expressão gênica [18].

Foram constatados também a produção de bioativos contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*, atividade citotóxica contra células tumorais e atividade anti-Leishmania, mostrando o grande potencial dessa bactéria [19].

## 1.4 MICROORGANISMOS UTILIZADOS NO CO-CULTIVO

### 1.4.1 *Bacillus thuringiensis*

O *Bacillus thuringiensis* é uma bactéria Gram-positiva, formadora de esporos que produz simultaneamente com a esporulação um cristal protéico parasporal conhecido como  $\delta$ -endotoxina [20].

Os produtos advindos do *Bacillus thuringiensis*, estão entre os melhores inseticidas microbianos encontrados. Os diferentes tipos de proteínas produzidas por ele possuem toxicidade comprovada contra uma grande variedade de insetos das ordens nematóides, ácaros, protozoários e também contra células cancerígenas humanas [21].

### 1.4.2 *Bacillus megaterium*

O *Bacillus megaterium* também é uma bactéria Gram-positiva, formadora de esporos, encontrada em diversos habitats como solo, mel, peixe, entre outros. Como exemplos de seus produtos temos, proteínas como penicilina acilase, amilases, glicose desidrogenase, também é usada para a produção de piruvato, vitamina B12, toxinas fungicidas [22].

Foi descrita a tolerância ao metal associada à biossorção e produção de sideróforos, em *Bacillus megaterium*, para metais como Ni, Cd, Pb, Cu e Zn. Estudos também revelaram que o *B. megaterium*

HgT21 pode ser usado como modelo para o estudo de multirresistência a metais em bactérias Gram-positivas, com aplicação para fitoimobilização e restauração de locais contaminados por metais [23].

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 PREPARO DOS INÓCULOS BACTERIANOS

As colônias teste forma compostas pelas cepas ATCC de bactéria G – *Escherichia coli* - ATCC 25923; G + *Staphylococcus aureus* – ATCC 25922 e Fungo leveduriforme: *Candida albicans* – ATCC 10231. Foram reativadas a partir da transferência de 100µL de cepas contidas em estoque, suspensas em uma solução de meio de cultura com glicerol a 20%, mantidas a uma temperatura de -80°C, em 5 mL de caldo triptona de soja (TSB) e incubadas a 37°C por 24h [30,31].

Os isolados, *Paenibacillus terrae*, *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, foram reativados a partir da transferência de 100µL de cepas contidas em estoque, suspensas em uma solução de meio de cultura com glicerol a 20%, mantidas a uma temperatura de -80°C, em Ágar Triptona de Soja (TSA) para *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, e meio YPM para *Paenibacillus terrae* e incubadas a 37°C por 24h e a 28°C por 7 dias, respectivamente [30,31].

As colônias foram repicadas antes de cada teste em duas placas e dois tubos para cada microrganismo, placas contendo o meio Ágar Triptona de Soja (TSA) e tubos de 5 mL de caldo triptona de soja (TSB) para *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, e para *Paenibacillus terrae*, placas e tubos contendo o meio YPM, caldo e ágar [30,31].

#### 2.1.1 Padronização

Todas as culturas foram padronizadas através de análise por espectrofotometria (DO 530 nm) em que a escala esperada estava contida entre 0,8 e 1; caso a medição da turvação fosse superior a 1, as culturas foram diluídas em solução salina 0,85% [30,31].

### 2.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR

Para o teste de difusão em ágar por poço, os três microrganismos teste, *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*, foram inoculados separadamente em placas contendo meio de cultura ágar BHI com o auxílio de swabs esterilizados buscando uma cobertura uniforme dos inóculos. Em seguida, foram feitos três poços equidistantes de 9mm de diâmetro cada em todas as placas. Posteriormente, foram pipetados 100µL de cada isolado, *Paenibacillus terrae*, *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, em triplicata para cada um dos microrganismos teste. Totalizando vinte e sete placas, três contra *E. coli*

para os três isolados, três contra *S. aureus* para os três isolados e três contra *C. albicans* para os três isolados [30,31].

Após o tempo de espera de absorção do líquido pelo meio de cultura, as placas foram incubadas a 37°C, por 48 horas.

### 2.3 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA EM CO-CULTIVO PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR POR POÇO

Para o co-cultivo, os inóculos foram preparados e os isolados foram incubados em co-cultivos. Assim, foram adicionados em 5mL de YPM líquido, 125µL de *P. terrae* juntamente com 125µL de *Bacillus thuringiensis* em dois tubos, e 125µL de *P. terrae* juntamente com 125µL de *Bacillus megaterium*, para outros dois tubos, sendo incubados a 28°C por 48 horas [30,31].

Após o crescimento, o procedimento de montagem das placas se deu igual ao item 4.2, contando com um total de dezoito placas, três contra *E.coli* para os dois co-cultivos, três contra *S. aureus* para os dois co-cultivos e três contra *C. albicans* para os dois co-cultivos [30,31]. As placas foram incubadas a 37°C, por 48 horas.

### 2.4 PERFIL DE RESISTÊNCIA A AGENTES ANTIBACTERIANOS PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR EM DISCO.

Para o teste de disco-difusão, o isolado *P. terrae*, foi inoculado em placas contendo o meio Ágar MH, com o uso de um swab esterilizado para uma cobertura uniforme do inóculo. Posteriormente à semeadura, foram colocados sobre a superfície de 4 a 6 discos de antibióticos por placa, com o auxílio de uma pinça esterilizada, em triplicata [30,31].

As placas foram incubadas a 28°C, por 24 horas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR POR POÇO

Para a avaliação da atividade antimicrobiana dos isolados com o uso de três microrganismos teste, foi verificada a formação de halos de inibição nas placas de cultivo, e feita a medição dos mesmos. Todos os experimentos foram realizados em triplicata, dessa forma, a Tabela 1, apresenta a média dos valores obtidos na mensuração dos halos.

Os microrganismos teste escolhidos estão listados abaixo:

- *Escherichia coli* - ATCC 25923
- G + *Staphylococcus aureus* – ATCC 25922

- Fungo leveduriforme: *Candida albicans* – ATCC 10231

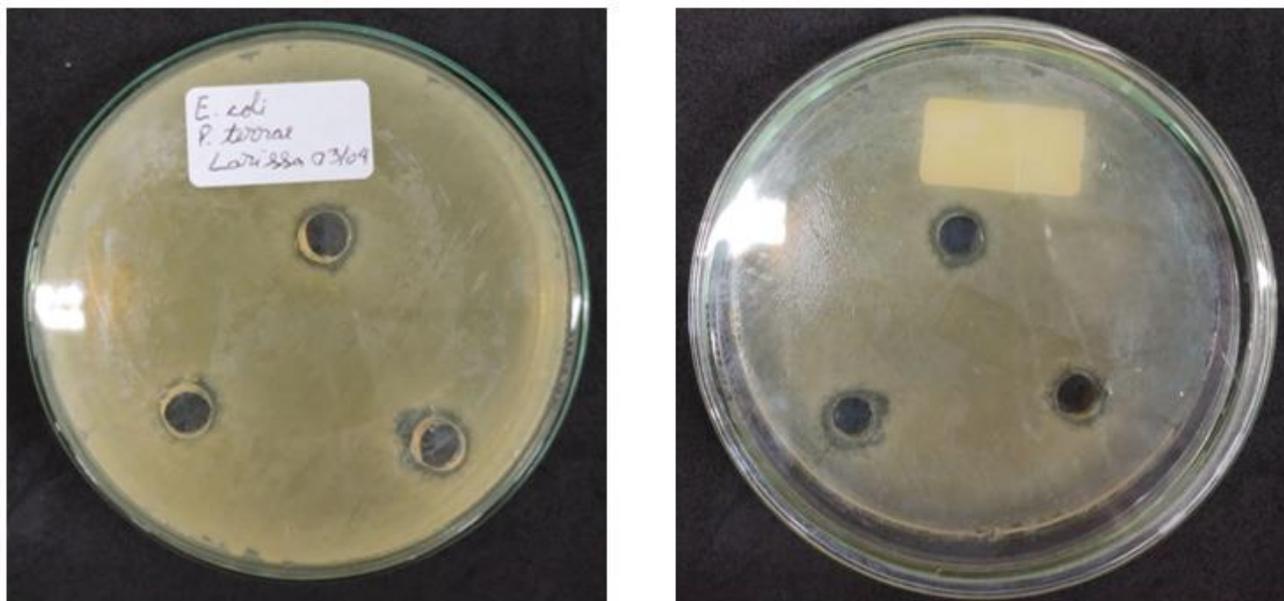
Tabela 1: Medida dos halos de inibição ( $D_{\text{Halo-inibição}}$  mm) por *Paenibacillus terrae* contra microrganismos teste.

<i>Paenibacillus terrae</i>	
<i>Escherichia coli</i>	8,6
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,4
<i>Candida albicans</i>	11,4

Fonte: Autoria própria

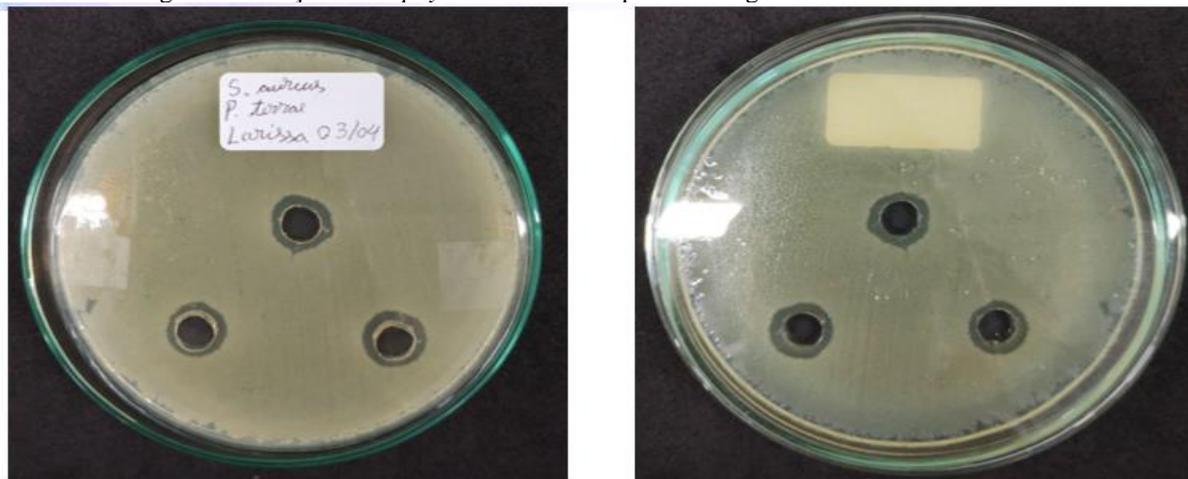
Observa-se nas Figuras 1, 2 e 3 que houve a formação de halos de inibição tanto para as *E. coli*, (Gram –) e *S. aureus*, (Gram +), apesar de se apresentarem menores e menos visíveis para *E. coli*. Também observou-se positividade em *Candida albicans*, com medida dos halos maior que os demais, podendo indicar uma maior inibição ocasionada pelo *Paenibacillus terrae*. Esses resultados são condizentes com dados obtidos por Romano et al., (2014) e Cruz et al., (2021).

Figura 1: Inibição de *Escherichia coli* pelo microrganismo *Paenibacillus terrae*.



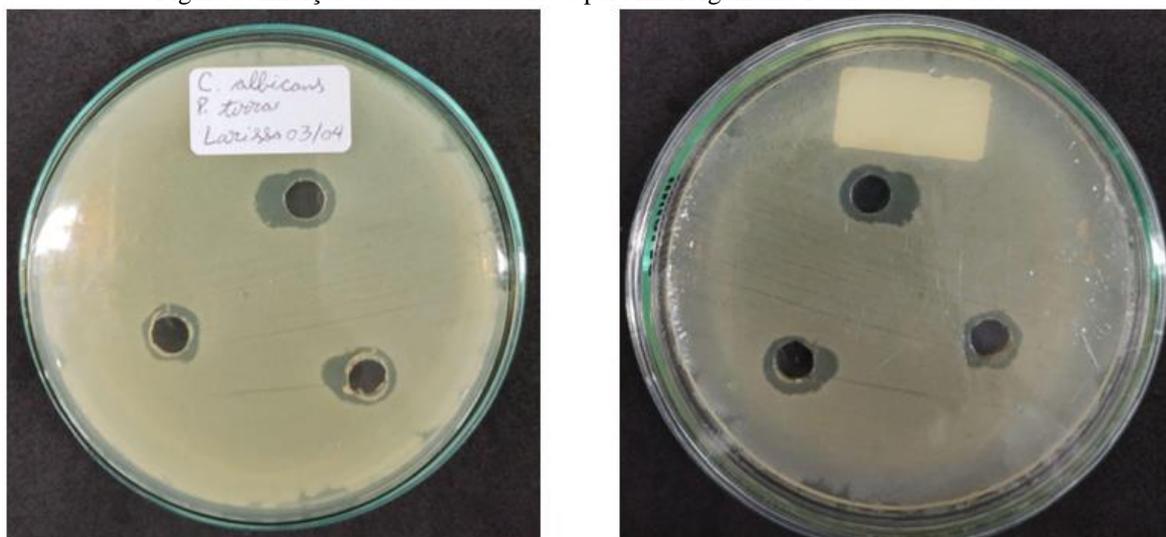
Fonte: Autoria própria

Figura 2: Inibição de *Staphylococcus aureus* pelo microrganismo *Paenibacillus terrae*.



Fonte: Autoria própria

Figura 3: Inibição de *Candida albicans* pelo microrganismo *Paenibacillus terrae*.



Fonte: Autoria própria

Os outros isolados testados, *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, não obtiveram resultados positivos, não apresentando halos de inibição. Este resultado pode ser, provavelmente, devido a inibição seletiva.

### 3.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA EM CO-CULTIVO PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR POR POÇO

Para o co-cultivo o teste foi realizado da mesma forma, buscando avaliar a atividade antimicrobiana do *Paenibacillus terrae*, quando em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*. Fazendo o uso dos mesmos três microrganismos teste anteriores, e verificação da formação de halos de inibição nas placas de cultivo, com posterior medição dos mesmos, caso

presentes. Novamente, todos os experimentos foram realizados em triplicata, constando na Tabela 2, a média dos valores obtidos na medição dos halos.

Tabela 2: Medida dos halos de inibição ( $D_{\text{Halo-inibição}}$  mm) por *Paenibacillus terrae* em co-cultivo com *Bacillus megaterium* contra microrganismos teste.

<i>Paenibacillus terrae</i> em co-cultivo com <i>Bacillus megaterium</i>	
<i>Escherichia coli</i>	10,6
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,5

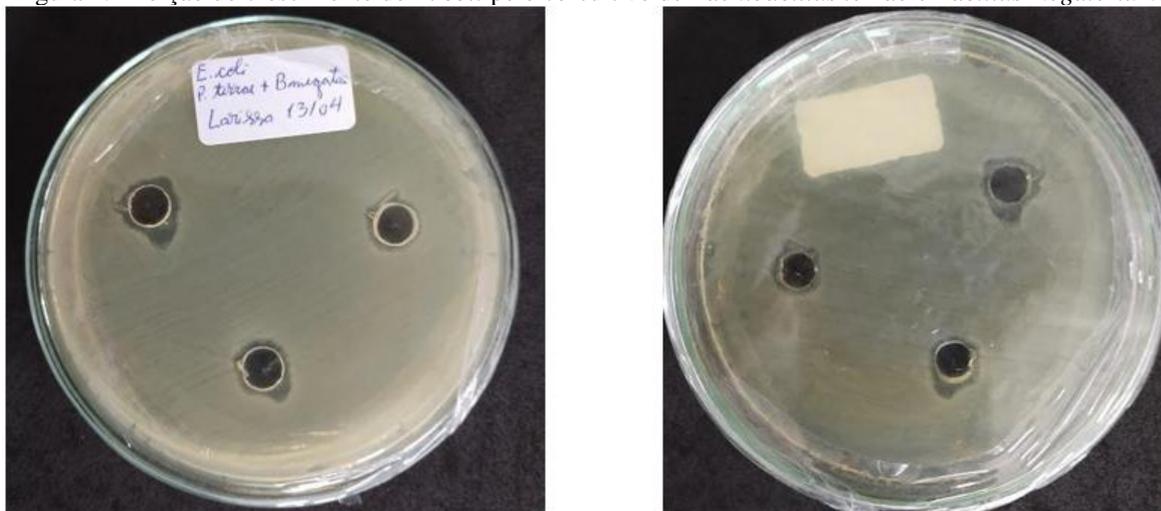
Fonte: Autoria própria

Notou-se que *Paenibacillus terrae* apresentou resultados melhores em co-cultivo com *Bacillus megaterium*, porém somente contra *E. coli* e *S. aureus*. Podemos observar também que os resultados foram mais significativos contra *E. coli*, apresentando um aumento de 2mm no tamanho do halo de inibição formado, enquanto para *S. aureus*, essa diferença foi de 0,1mm. Estes resultados podem ser explicados pela diferença de parede de *E. coli*.

Em contrapartida, o co-cultivo de *Paenibacillus terrae* com *Bacillus megaterium*, contra *Candida albicans*, demonstrou o resultado inverso, não apresentando a formação de halos de inibição, possivelmente porque o potencial de inibição de *P. terrae* contra *C. albicans*, foi suprimido. O mesmo aconteceu com os testes de co-cultivo de *P. terrae* com *Bacillus thuringiensis*, contra *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*, não havendo a formação de halos de inibição.

As Figuras 4 e 5 demonstram a formação de halos de inibição para o co-cultivo de *Paenibacillus terrae* com *Bacillus megaterium*, para bactérias utilizadas como teste que obtiveram um resultado positivo, *Escherichia coli*, Gram – e *Staphylococcus aureus*, Gram +.

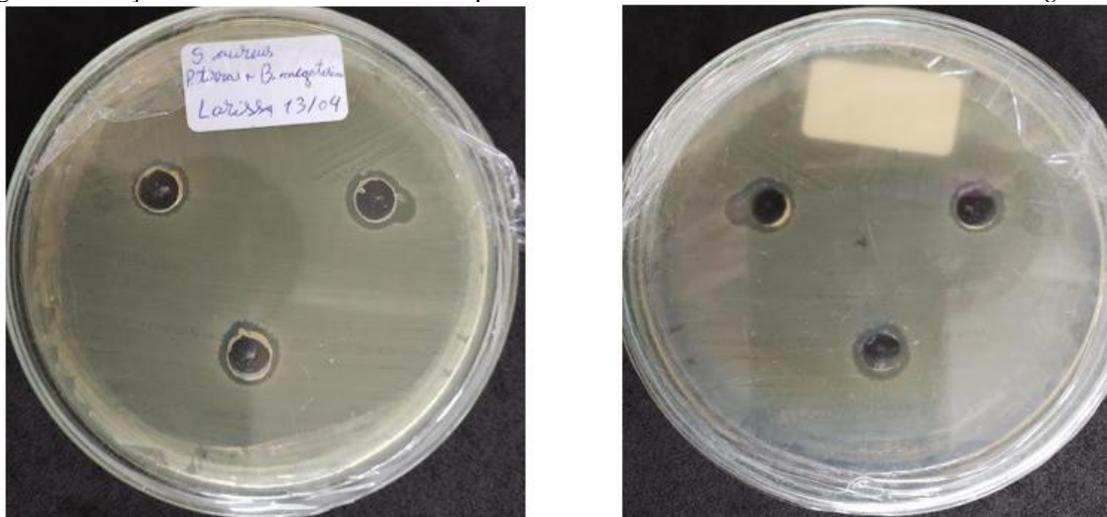
Figura 4: Inibição do crescimento de *E. coli* pelo co-cultivo de *Paenibacillus terrae* e *Bacillus megaterium*.



Fonte: Autoria própria

Esses resultados obtidos devem sinalizar para um maior pressão seletiva entre os microrganismos testados, gerando a presença de halos de inibição.

Figura 5: Inibição do crescimento de *S.aureus* pelo co-cultivo de *Paenibacillus terrae* e *Bacillus megaterium*.



Fonte: Autoria própria

### 3.3 PERFIL DE RESISTÊNCIA A AGENTES ANTIBACTERIANOS PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR EM DISCO.

A fim de avaliar o perfil de resistência do microrganismo *P.terrae* a agentes antibacterianos, foi realizado o teste com discos de antibiótico aplicados sobre a bactéria estriada em placas de cultivo contendo o meio MH, buscando observar a formação de halos de inibição em volta dos antibióticos testados.

Posteriormente ao crescimento microbiano, foi observada a formação dos halos e a medição dos respectivos, que pode ser encontrada na Tabela 3, apresentada abaixo. Todos os testes foram realizados em triplicata, estando contido abaixo a média dos valores obtidos.

Tabela 3: Medida dos halos de inibição ( $D_{\text{Halo-inibição}}$  mm) por antibióticos, contra *Paenibacillus terrae*.

Antibióticos testados contra <i>Paenibacillus terrae</i>	
Amicacina (AK-30mcg)	22,25
Ampicilina (AMP-10mcg)	10
Carbenicilina (CA-100mcg)	-
Cefalotina (CFL-30mcg)	-
Cefepime (CM-30mcg)	14,16
Clindamicina (CI-2mcg)	-

<b>Cloranfenicol (CLO-30mcg)</b>	31
<b>Eritromicina (EI-15mcg)</b>	15,3
<b>Gentamicina (GE-10mcg)</b>	12,6
<b>Nitrofurantoina (NT-30mcg)</b>	16,16
<b>Oxacilina (OX-1mcg)</b>	-
<b>Sulfazotrim (SUT-25mcg)</b>	37,3
<b>Teicoplanina (TE-30mcg)</b>	8,6
<b>Tetraciclina (TT-30mcg)</b>	18

Fonte: Autoria própria

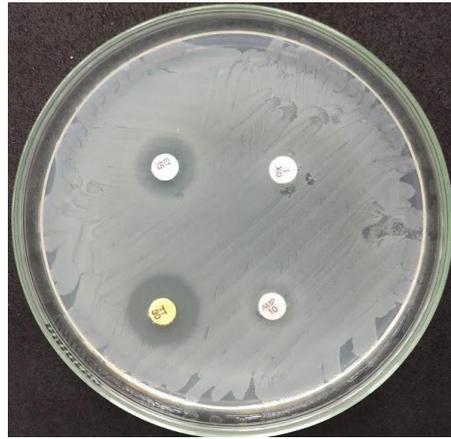
Temos abaixo as Figuras 6, 7 e 8 demonstrando a formação de halos de inibição para os diferentes antibióticos testados.

Figura 6: Inibição do crescimento de *Paenibacillus terrae* pelos antibióticos Amicacina (AK), Carbenicilina (CA), Cefepime (CM), Gentamicina (GE), Nitrofurantoina (NT) e Teicoplanina (TE).



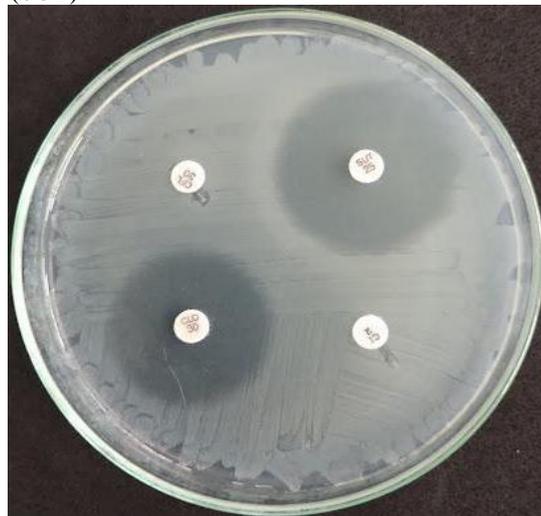
Fonte: Autoria própria

Figura 7: Inibição do crescimento de *Paenibacillus terrae* pelos antibióticos Ampicilina (AMP), Oxacilina (OX), Tetraciclina (TT) e Eritromicina (EI).



Fonte: Autorial própria

Figura 8: Inibição do crescimento de *Paenibacillus terrae* pelos antibióticos Cefalotina (CFL), Clindamicina(CI), Cloranfenicol (CLO) e Sulfazotrim (SUT).



Fonte: Autorial própria

Os dados obtidos são similares a outros trabalhos (19, 28) e indicam ainda a permanência de susceptibilidade microbiana à maioria dos antibióticos testados.

#### 4 CONCLUSÕES

A bioprospecção de endofíticos é essencial para a busca por metabólitos bioativos (26) é relevante e essencial, visto que a produção de biomoléculas (27) podem contribuir como agentes de biocontrole, inibição microbiana e parasitária, como anti-inflamatórios e na indústria, farmácia, medicina e biotecnologia (29).

## REFERÊNCIAS

- Sano, edson eyji et al. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma cerrado: estratégias e resultados. 2007.
- Klink, carlos a.; machado, ricardo b. A conservação do cerrado brasileiro. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- Machado, ricardo bomfim et al. Caracterização da fauna e flora do cerrado. Palestras do xi simpósio nacional sobre o cerrado e ii simpósio internacional sobre savanas tropicais, p. 12-17, 2008.
- Scariot, aldicer; felfili, jeanine m.; silva, josé carlos souza. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 2005.
- Machado, ricardo b. Estimativa de perda da área do cerrado brasileiro. 2016.
- Ritter lmo, ribeiro mc, moro rs. Composição florística e fitofisionomia de remanescentes disjuntos de cerrado nos campos gerais. Revista biota neotropica, 10 (3): 379-414, 2010.
- Mendonça, r., j. Felfili, b. Walter, j.c. silva jr., a. Rezende, t. Filgueiras & p. Nogueira. 1998. Flora vascular do cerrado. In: s. Sano & s. Almeida (eds.). Cerrado. Ambiente e flora. Pp. 288-556. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – embrapa - cerrados, planaltina, brasil.
- Ratter, j., s. Bridgewater & j.f. ribeiro. 2003. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation. Iii: comparison of the woody vegetation of 376 areas. Edinburgh journal of botany 60: 57-109.
- Eiten, g. (1972). The cerrado vegetation of brazil. The botanical review, 38(2), 210–220. Doi:10.1007/bf02859158.
- Yoon, jung-hoon et al. *Paenibacillus kribbensis* sp. Nov. And *paenibacillus terrae* sp. Nov., bioflocculants for efficient harvesting of algal cells. International journal of systematic and evolutionary microbiology, v. 53, n. 1, p. 295-301, 2003.
- Shin, sang heum et al. Genome sequence of *paenibacillus terrae* hpl-003, a xylanase-producing bacterium isolated from soil found in forest residue. 2012.
- Yu, wen qing et al. *Paenibacillus terrae* nk3-4: a potential biocontrol agent that produces  $\beta$ -1, 3-glucanase. Biological control, v. 129, p. 92-101, 2019.
- Kim, ah-young et al. *Paenibacillus terrae* ay-38 resistance against botrytis cinerea in solanum lycopersicum l. Plants through defence hormones regulation. Journal of plant interactions, v. 12, n. 1, p. 244-253, 2017.
- Van belkum, m. J., lohans, c. T., vederas, j. C., 2015. Draft genome sequences of *paenibacillus polymyxa* nr1 b-30509 and *paenibacillus terrae* nr1 b-30644, strains from a poultry environment that produce tridecaptin a and paenicidins. Genome announcements 3(2), e00372-15.
- Sato, i., yoshida, s., iwamoto, y., aino, m., hyakumachi, m., et al., 2014. Suppressive potential of *paenibacillus* strains isolated from the tomato phyllosphere against fusarium crown and root rot of tomato. Microbes & environments 29(2), 168-177.

Liang, yan-ling et al. Isolation, screening, and identification of cellulolytic bacteria from natural reserves in the subtropical region of china and optimization of cellulase production by *paenibacillus terrae* me27-1. Biomed research international, v. 2014, 2014.

Tang, tao et al. Paenibacillus terrae py8 controls botrytis cinerea and modifies the endophytic microbial community of the medicinal plant, paris polyphylla. Biological control, v. 169, p. 104888, 2022.

Liu, wen zhi et al. *Paenibacillus terrae* nk3-4 regulates the transcription of growth-related and stress resistance-related genes in rice. Genome, n. Ja, 2023.

Romano, luis henrique. Bioprospecção de microrganismos endofíticos isolados de tabebuia spp. *E hymenaea courbaril* e identificação da produção de metabólitos de interesse biotecnológico. 2014.

Avignone-rossa c, mignone cf. Bacillus thuringiensis growth and toxicity. Basic and applied considerations. Mol biotechnol. 1995 aug;4(1):55-71. Doi: 10.1007/bf02907471.

Bel y, ferré j, hernández-martínez p. *Bacillus thuringiensis* toxins: functional characterization and mechanism of action. Toxins (basel). 2020 dec 10;12(12):785. Doi: 10.3390/toxins12120785. Pmid: 33321796; pmcid: pmc7763903.

Vary ps, biedendieck r, fuerch t, meinhardt f, rohde m, deckwer wd, jahn d. *Bacillus megaterium* from simple soil bacterium to industrial protein production host. Appl microbiol biotechnol. 2007 oct;76(5):957-67. Doi: 10.1007/s00253-007-1089-3.

Guzmán-moreno j, garcía-ortega lf, torres-saucedo l, rivas-noriega p, ramírez-santoyo rm, sánchez-calderón l, quiroz-serrano in, vidales-rodríguez le. Bacillus megaterium hgt21: a promising metal multiresistant plant growth-promoting bacteria for soil bioremediation. Microbiol spectr. 2022 oct 26;10(5):e0065622. Doi: 10.1128/spectrum.00656-22.

J. Hallmann, a. Quadt-hallmann, w.f. mahaffee, j.w. klopper, bacterial endophytes in agricultural crops, can. J. Microbiol., 43 (1997), pg. 895-914.

Gustavo santoyo, gabriel moreno-hagelsieb, ma. Del carmen orozco-mosqueda, bernard r. Glick, plant growth-promoting bacterial endophytes, microbiological research, volume 183, 2016, pg. 92-99.

Stelmasiewicz m, świętek ł, gibbons s, ludwiczuk a. Bioactive compounds produced by endophytic microorganisms associated with bryophytes-the "bryendophytes". Molecules. 2023 apr 5;28(7):3246. Doi: 10.3390/molecules28073246. Pmid: 37050009; pmcid: pmc10096483.

Bogas, a. C.; rodrigues, s. H.; gonçalves, m. O.; assis, m.; longo, e.; paiva de souza, c. Endophytic microorganisms from the tropics as biofactories for the synthesis of metal-based nanoparticles: healthcare applications. Frontiers in nanotechnology, v. 1, p. 1-17, 2022.

Cruz, f.p.n.; paula, a.f.; nogueira, c.t.; andrade, p.h.m.; borges, l.m.; lacava, p.t.; camargo ilbc; anibal, ff; souza, c.p. discovery of a novel lineage *burkholderia cepacia* st 1870 endophytically isolated from medicinal *polygala paniculata* which shows potent in vitro antileishmanial and antimicrobial effects. International journal of microbiology, v. 2021, p. 1-17, 2021.

Serrano, nfg; ferreira, d; rodrigues-filho, e; teixeira, ja; dubreuil, jd; sousa, cp. Purification and characterization of two new antimicrobial molecules produced by an endophytic strain of *paenibacillus polymyxa*. Anais da academia brasileira de ciências, v. 93, p. 3, 2021.

Bona, e. A. M. D. Et al. Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. Arquivos do instituto biológico, v. 81, n. 3, p. 218–225, jul. 2014.

Gaspar, e. B. Et al. Comparação de métodos para a avaliação “in vitro” de atividade antimicrobiana de extratos vegetais. Boletim de pesquisa e desenvolvimento , embrapa pecuária sul bagé, rs, v. 40, n. 1, p. 4-23, 2017.