



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ELIZABETH JORDANYA TEIXEIRA MEDEIROS

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CEPAS DE ACTINOBACTÉRIAS DO SEMIÁRIDO

FORTALEZA

2017

ELIZABETH JORDANYA TEIXEIRA MEDEIROS

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CEPAS DE ACTINOBACTÉRIAS DO SEMIÁRIDO

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Miranda Martins

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M438r Medeiros, Elizabeth Jordanya Teixeira.

Registro fotográfico de cepas de actinobactérias do semiárido / Elizabeth Jordanya  
Teixeira Medeiros. – 2017.

60 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro  
de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2017.

Orientação: Profa. Dra. Claudia Miranda Martins.

1. Caatinga. 2. Streptomyces. 3. Micro-organismos do solo. I. Título.

CDD 570

---

ELIZABETH JORDANYA TEIXEIRA MEDEIROS

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CEPAS DE ACTINOBACTÉRIAS DO SEMIÁRIDO

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em 14/12/2017

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Miranda Martins (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Suzana Claudia Silveira Martins  
Universidade Federal do Ceará

---

Me. Fernando Gouveia Cavalcante  
Universidade Federal do Ceará

---

Ma. Valéria Maria Araújo Silva  
Universidade Federal do Ceará

## Agradecimentos

Após tantas lutas nesse longo período de graduação, não poderia deixar de ser grata a todos que me apoiaram e tiveram participação em minha jornada.

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu o fôlego de vida, me concedeu conquistas imerecidas e me presenteou com pessoas maravilhosas que me rodeiam. Agradeço ainda pela força que me deu, quando esta não existia mais em mim.

Aos meus pais, Elisabete e Cláudio, que sempre estiveram ao meu lado, proporcionando amor, apoio e compreensão.

Agradeço a minha mãe, que me ensinou a ser um ser humano digno e uma mulher forte. Deu-me muito apoio nos meus estudos, incentivando-me a estudar e incontáveis vezes estudando comigo até que eu assimilasse o conteúdo.

Ao meu pai, que venceu, com bravura, todas as batalhas de sua vida para que eu chegasse até aqui.

Ao meu irmão mais velho, Léo, por ser cuidadoso comigo e disposto a me ajudar como podia, quando precisei.

Aos meus irmãos mais novos, Joshua e Hadassa, que me divertiram diversas vezes e recorrentemente demonstraram compreensão, quando precisei de silêncio.

Agradeço a minha orientadora, professora Claudia, que de braços abertos me recebeu em seu laboratório e cordialmente me auxiliou em meu trabalho com boas ideias e sugestões.

Ao Fernando, meu co-orientador, que apesar de ter muitos afazeres, sempre reservou um tempo para pacientemente me ouvir, incentivou-me e contribuiu com ótimos conselhos.

À minha melhor amiga e companheira de curso, Louise, que desde 2014 tem me dado suporte e um enorme auxílio na graduação e, com muita serenidade, percorrido esse árduo caminho junto a mim. Agradeço ainda pela ajuda indispensável na realização desse trabalho.

Aos demais integrantes do LAMAB pela forma cooperativa de agir no ambiente de trabalho. Gostaria de agradecer especialmente a Juliani e Valéria, que se dispuseram a ajudar, quando necessitei.

E aos meus queridos gatinhos, Gumball (*In memoriam*), Darwin, Atari e Toby, por me proporcionarem momentos de relaxamento e divertimento em meio a tudo isso.

## RESUMO

As actinobactérias são os principais constituintes da comunidade microbiana do solo, correspondendo a cerca 77% dos micro-organismos totais. Tendo em vista a grande diversidade de actinobactérias na região semiárida a caracterização cultural torna-se uma ferramenta de suma relevância na classificação e identificação desses organismos. Um acervo com imagens de actinobactérias provenientes do semiárido nordestino pode contribuir nos estudos desse grupo, dessa forma o objetivo do trabalho foi à caracterização cultural e registro fotográfico de 37 cepas de actinobactérias oriundas de Quixeramobim (Ce) região do semiárido nordestino. Como plano de fundo, no registro das cepas, foram utilizadas as cores branca e preta, dependendo da coloração do micélio. Foi realizado o registro fotográfico de cada colônia, indicando, em uma avaliação por critério de similaridade, que as actinobactérias são subdivididas em 23 grupos de cores distintas.

**Palavras-chave:** caatinga, *Streptomyces*, micro-organismos do solo

## ABSTRACT

The actinobacteria are the main soil microbial community components, corresponding to 77% out of total microorganisms. Due to its huge diversity among the actinobacteria, in relation to cultural aspect, the cultural characterization become an extremely relevant tool on classification and recognition of these organisms. A photographic collection of actinobacterias from northeast Brazilian semiarid region may contribute in studies of this group. Therefore, the objective of the current study was the cultural characterization and photographic register of 37 strains of actinobacteria coming from Quixeramobim – Ceará, in northeast Brazilian semiarid region. The colors black and white were picked as background, depending on spore mass color, on sample registration. Furthermore, the isolated bacterial colonies of each exemplar were shoot, indicating, in an evaluation of similarity criteria, that the actinobacteria are subdivided in 23 distinct color groups.

**Keywords:** caatinga, *Streptomyces*, soil microorganisms

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
<b>2.1 Comunidades Microbianas do Solo</b> .....	10
<b>2.2 Semiárido</b> .....	13
<b>2.3 Actinobactérias</b> .....	15
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
<b>4.1 Área de estudo</b> .....	20
<b>4.2 Actinobactérias</b> .....	20
<b>4.3 Cultivo das cepas</b> .....	20
<b>4.4. Registro fotográfico</b> .....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
<b>5.1. Registro fotográfico do micélio aéreo e micélio reverso das cepas de actinobactérias.</b> .....	22
<b>5.2. Registro fotográfico de colônias isoladas no plano horizontal.</b> ....	31
<b>5.3. Registro fotográfico de colônias isoladas no plano superior e inferior</b> .....	43
6 CONCLUSÃO .....	53
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## 1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é fortemente caracterizado por possuir um clima predominantemente quente e seco combinado às precipitações pluviométricas escassas e concentradas em um curto período de tempo (ARAÚJO, 2011). O solo desse tipo de região possui habitats bem próprios e característicos, sendo bastante rico e ainda pouco conhecido e explorado. Vegetação diversificada, elevada temperatura e baixa umidade do solo são predominantes nessa região (KAVAMURA et al., 2013).

A atividade microbiana no solo dessa região é de grande importância para processos biológicos e bioquímicos, pois influencia diretamente a transformação de compostos orgânicos e nutrientes (VINHAL-FREITAS et al., 2010). As actinobactérias estão presentes nessa região em abundância e de forma bastante diversificada (BRITO et al., 2015; SILVA et al., 2015).

O filo Actinobacteria pertence a um grupo diferenciado de bactérias, o qual está extensamente disseminado na natureza (SEMÊDO et al., 2001; SILVA et al., 2012). As actinobactérias são bactérias Gram-positivas (BARKA et al., 2015) e distingue-se de outras bactérias por seus vários gêneros produzirem um grande número de metabólitos que despertam o interesse científico (BALLAV et al., 2012).

Uma característica típica desses micro-organismos é o fato de produzirem o composto geosmina que apresenta odor típico de terra molhada (MOREIRA et al., 2006). O habitat mais comum dessas bactérias é o solo, sendo abundantes sobretudo na rizosfera (STROBEL et al., 2004). São os micro-organismos mais encontrados no solo, dentre todos os outros, e estão distribuídos em larga escala (BHASIN et al., 2010).

Esse filo apresenta uma grande diferenciação morfológica entre as bactérias Gram-positivas, entretanto, vale ressaltar que a estrutura celular de actinobactéria é semelhante à de qualquer procarioto, sendo, portanto, totalmente divergente da estrutura fúngica (LI et al., 2016).

Em actinomicetes típicos, o micélio por ser dividido em micélio aéreo e reverso. Algumas actinobactérias podem formar estruturas complexas como esporo, cadeia de esporo, esporângio e esporangiósforo; o crescimento e modos de ruptura do micélio reverso, a posição do esporo, o número de esporo, a estrutura superficial

deste, o molde do esporângio, e se o esporangiósforo possui flagelo ou não, são características morfológicas importantes para classificação de actinobactérias (LI et al., 2016).

As actinobactérias, produzem compostos bioativos que apresentam atividade antimicrobiana contra diversos patógenos e também contra patógenos resistentes a variados medicamentos (SERVIN et al., 2008) e, além disso, têm provado sua importância no mercado enzimático (BHASIN et al., 2010).

Em ambientes aquáticos, as actinobactérias executam uma importante função no ciclo do carbono, contribuindo com sua habilidade de crescimento em baixas concentrações de substâncias carbônicas e capacidade de degradar matéria orgânica recalcitrante (KUZNETSOV, 1970).

Em ambientes terrestres, as enzimas produzidas por actinobactérias estão envolvidas na mineralização de nutrientes e em processos de decomposição de moléculas orgânicas que se apresentam resistentes, inclusive substâncias húmicas (GORLACH-LIRA & COUTINHO, 2007; LIMA et al., 2014).

Tendo em vista a grande diversidade de actinobactérias na região semiárida, um acervo com imagens de actinobactérias irá contribuir nos estudos desse grupo, dessa forma o objetivo do trabalho foi o registro fotográfico de cepas de actinobactérias do semiárido.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Comunidades Microbianas do Solo

A comunidade microbiana do solo é composta por organismos de três domínios: *Bacteria*, *Archaea* e *Eucarya*, sendo que os procariotos (*Bacteria* e *Archaea*) representam a maior parte da biota do planeta (LAMBAIS et al., 2005)

As frações orgânicas do solo consistem em uma mistura heterogênea de matéria orgânica, oriunda de plantas, micro-organismos e resíduos animais (BALDOCK & SKJEMSTAD, 2000).

Baldock e Skjemstad (2000) afirmam que nessas frações orgânicas, a matéria orgânica pode variar em tamanho e complexidade, desde ácidos orgânicos até biopolímeros mais complexos agregados formando detritos celulares.

Além disso, a estrutura química de cada componente biomolecular, simples ou complexa, pode variar através de uma decomposição contínua, complementa Baldock e Skjemstad (2000).

Há muitas evidências de que alterações na natureza da comunidade vegetal pode iniciar mudanças relevantes no ciclo do carbono e do nitrogênio (HOBBIE, 1996; MITCHELL et al., 2010).

Como principais mecanismos de suporte para o processo de ciclagem de nutrientes do solo, os micro-organismos, habitantes deste ambiente, são a principal ligação entre mudanças na composição da vegetação dominante e mudanças no funcionamento do ambiente (PRESCOTT & GRAYSTON, 2013).

Ainda segundo Prescott e Grayston (2013), características (ou traços funcionais) de uma vegetação em um determinado local podem influenciar a composição e o funcionamento da comunidade microbiana do solo através da alteração do microclima: sombra, proteção contra gelo, queda e absorção/transpiração do solo água), produção de matéria recalcitrante (tanto no solo quanto nas raízes), interações com herbívoros (acima e abaixo do solo), produção de exsudatos radiculares e interações com organismos radiculares simbióticos como fungos micorrízicos.

Historicamente, avaliações de recomposição de solos que sofreram impacto pós-perturbação ambiental têm focado no monitoramento do desenvolvimento de

parâmetros básicos do solo, como densidade aparente e conteúdo da matéria orgânica (HARRIS et al., 1993; MUMMEY et al., 2002).

Em contraste, a ecologia microbiana dos locais regenerados não é bem compreendida. Enquanto a comunidade científica analisa métodos que fornecem melhores informações sobre como os micro-organismos respondem a estresse (HARRIS, 2003, 2009), nosso conhecimento relacionado à interação e a função da comunidade microbiana, seus “indicadores” cruciais (desenvolvimento da comunidade vegetal e acúmulo de matéria orgânica, por exemplo) e fatores edáficos do solo na restauração de ecossistemas, permanece limitado (DIMITRIU et al., 2010).

A rizosfera é a parte do solo que é marcada pela presença de raízes, onde ocorrem processos biológicos com bastante complexidade (BAIS et al., 2006). Uren (2000) afirma que a rizosfera é, por definição, parte do solo que é afetada pela presença de raízes de plantas em crescimento.

A rizosfera é considerada então um ambiente com abundantes interações tanto entre raízes das mais variadas espécies de plantas, quanto dessas raízes com micro-organismos e invertebrados (HIRSCH et al., 2003). Nela as bactérias são predominantes, pois na rizosfera são liberados nutrientes (vitaminas e aminoácidos) para crescimento bacteriano (OLIVEIRA, 2009).

A rizosfera libera produtos do metabolismo microbiano, os quais estimulam o crescimento de plantas, havendo troca de nutrientes entre o sistema radicular da planta e micro-organismos (OLIVEIRA, 2009).

Essas interações podem ser positivas e negativas (os fatores que determinam essa classificação ainda requerem elucidação), entretanto, evidências sugerem que exsudatos de raiz têm um importante papel na determinação dessas interações e, enfim, na dinâmica das comunidades vegetal e do solo (BAIS et al., 2006).

As comunidades microbianas, no solo, retratam o maior reservatório de diversidade biológica conhecida (BERENDSEN, 2013). É evidente em solos rizosféricos a colonização por micro-organismos e suas interações com as plantas (ZAGO et al., 2011) e com outros grupos de micro-organismos (JESUS, 2013). Essa colonização pode atuar como substrato para crescimento seletivo de micro-organismos do solo (SILVEIRA & FREITAS, 2007).

As actinobactérias representam uma grande parte da comunidade microbiana da rizosfera (Strobel et al., 2004), a qual está envolvida na degradação da matéria orgânica recalcitrante de plantas, trazendo equilíbrio ao ecossistema (MIYADOH, 1997).

## 2.2 Semiárido

O semiárido brasileiro abrange mais de 1000 municípios em uma área de aproximadamente 983 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a quase 90% da área total do Nordeste (IBGE, 2017).

O semiárido nordestino apresenta condições abióticas restritivas, altas taxas de insolação, temperaturas elevadas, baixas amplitudes térmicas, baixas taxas pluviométricas e apresentam alta variabilidade no tempo e no espaço, ocorrendo ainda, elevadas taxas de evapotranspiração e déficit hídrico acrescido (ZANELLA, 2014).

Dentro dessa área, cerca de 800 mil km<sup>2</sup> é revestido pela Caatinga (IBAMA, 2006). Esse tipo de vegetação apresenta uma mistura de herbáceas, arbustos e árvores de pequeno porte, de folhas decíduas e pequenas, tortuosas, com espinhos e de grande resistência às secas (ALVES et al., 2006). Esse bioma pode ser considerado um ambiente extremo devido sua alta temperatura, período de seca extenso e irregular, quantidade limitada de água disponível e elevada radiação ultravioleta (KAVAMURA et al., 2013).

Os micro-organismos desse solo são fortemente influenciados por diversos fatores físicos e químicos, incluindo disponibilidade de nutrientes, matéria orgânica, umidade do solo e temperatura, destarte, em ambientes áridos, todos esses fatores são frequentemente desfavoráveis para crescimento microbiano (GORLACH LIRA & COUTINHO, 2007).

Acredita-se que o nordeste é uma área que possui uma elevada susceptibilidade à desertificação no país, devido à ocorrência do clima semiárido e também do sub-úmido seco (PACHECO et al., 2014).

A degradação ambiental crescente, tanto a natural quanto a antrópica, vem ocasionando processos de desertificação cada vez mais significativos nessa área, trazendo como consequências imediatas, dentre outras, a perda da fertilidade do solo e da biodiversidade, a destruição de habitats naturais e o êxodo rural (PACHECO et al., 2006).

Os solos do bioma caatinga apresentam acúmulo de sais, o qual é um problema que resulta na degradação do solo (FREITAS et al., 2007), ocasionando

uma baixa disponibilidade alimentar. Os solos são, de forma geral, pouco desenvolvidos devido a escassez das chuvas, o que torna os processos químicos pouco intensos (ARAÚJO, 2011). Nessa conformidade, a atividade microbiana é de grande relevância para processos biológicos e bioquímicos do solo, pois tem influência direta na transformação de nutrientes e compostagem orgânica (VINHAL-FREITAS et al., 2010).

Mesmo com essas condições estressantes da região semiárida, e apesar dessas condições limitarem o crescimento de populações bacterianas, alguns microorganismos, como as actinobactérias compõem um grupo significativo em se tratando de riqueza e diversidade nos solos do semiárido (LIMA et al., 2014; SILVA et al., 2015).

### 2.3 Actinobactérias

São bactérias Gram-positivas que possuem uma elevada concentração de G + C (guanina, citosina) no DNA (SHARMA & DAVID, 2012), encontradas em diversos ambientes, principalmente no solo (VELAYUDHAM & MURUNGAN, 2012). Integra um dos maiores grupos microbianos e está distribuído nos mais diversos ecossistemas aquáticos e terrestres, porém de modo mais abundante em solos (OSKAY; USAME; CEM, 2004; SILVA et al., 2012; LIMA, 2013), especialmente nos ambientes que são alcalinos e ricos em matéria orgânica, onde constituem uma parte essencial da população microbiana (LIMA et al., 2014; MARTINS et al., 2014; SILVA et al., 2015). Podem ser encontrados na superfície desses ambientes e em profundidades de até dois metros abaixo do solo (BARKA et al., 2015).

Essa classe representa uma grande proporção de biomassa microbiana do solo e contém procariotos bastante significantes, produzindo mais da metade dos compostos ativos, incluindo antibióticos, agentes imunossupressores, agentes antitumorais e enzimas (QIN et al., 2009). A maior parte das actinobactérias que são relatadas para produção de antibióticos são as do gênero *Streptomyces*, as quais produzem cerca de 70% dos antibióticos conhecidos (DEMAIN & SANCHEZ, 2009).

Além disso, há uma certa carência de medicamentos resistentes a bactérias patogênicas e a fungos, o que resulta em uma grande demanda por produtos naturais e compostos químicos farmacológicos. Devido a isso, tem sido realizada a análise de locais inexplorados, como os ambientes de manguezais para a descoberta de novas espécies do gênero *Actinobacteria* e novos metabólitos (HONG et al., 2009; LAM, 2007; JENNERJAHN & ITTEKKOT, 2002).

Algumas espécies exercem um importante papel na fixação do nitrogênio e outras dão origem a hormônios (fitohormônios) de grande relevância para o crescimento e proteção contra patógenos (SADEGHI et al., 2012). A capacidade de degradação que as actinobactérias têm também é importante para o ciclo do carbono e formação de húmus no solo, o qual beneficia a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento da planta (BRITO et al., 2015).

A produção de enzimas líticas por actinobactérias facilita a sobrevivência de plantas, visto que essas enzimas degradam diversos tipos de substratos de serapilheira e solo, e também possuem a habilidade de inibir o crescimento de fitopatógenos (PRIYADHARSINI & DHANASEKARAN, 2015).

Os *Streptomyces*, especialmente, são produtores prolíficos de metabólitos secundários, utilizados como agentes de biocontrole responsáveis por restringir o crescimento de fitopatógenos (PRIYADHARSINI & DHANASEKARAN, 2015).

As actinobactérias dispõem de um grande potencial no que diz respeito a controle biológico de fitopatógenos, uma vez que ao se agregar à planta hospedeira, originam antibióticos, sideróforos e enzimas antimicrobianas (HOSTER et al., 2005). Ademais, favorece o desenvolvimento da planta consoante a produção de fitormônios (MERZAEVA & SHIROKIKH 2006).

Os fungos fitopatogênicos são controlados pelas actinobactérias através de diversos mecanismos, tais como hiperparasitismo, enzimas degradantes da parede celular, antibiose e indução à resistência (HASSANIN et al., 2007; ELTARABILY & SIVASITHAMPARAM, 2005).

O número e tipos das actinobactérias presentes no solo podem ser influenciados por fatores abióticos como temperatura do solo, tipo de solo, pH, matéria orgânica, cultivo, aeração e umidade, sendo esses fatores limitantes para o seu crescimento (ARIFUZZAMAN et al., 2010; BARKA et al., 2015).

Apesar desses fatores restritivos, a abundância de actinobactérias é bastante notável nesse ambiente, comprovando que há uma grande capacidade adaptativa desses organismos em meio a condições desfavoráveis e que são capazes de colonizar a rizosfera (BERNARDES & SANTOS, 2006).

As características particulares de actinobactérias, sua diversidade metabólica e sua relativa habilidade em colonizar substratos seletivos as tornam bastante adequadas para uso como agentes de biotransformação e/ou biodegradação de uma vasta gama de poluentes, incluindo pesticidas com diferentes estruturas químicas (NAWAZ et al., 2011).

Essas bactérias têm sido estudadas por mais de 100 anos, primariamente por critérios morfológicos (VENKATA & SINGARA, 2013). Alguns gêneros possuem a habilidade de formar hifas de ramificação em alguns estágios de seu desenvolvimento (FUENTES et al., 2015).

As actinobactérias se reproduzem por fissão binária ou através de produção de esporos, além disso, a esporulação da *Actinobacteria* se dá por fragmentação e segmentação (RANJANI et al., 2016).

De modo discordante das demais bactérias, as actinobactérias são caracterizadas pelo desenvolvimento de hifas ramificadas que originam um micélio vegetativo inerente ao substrato, sendo essa estrutura responsável pela sustentação e adsorção de nutrientes (BRITO et al., 2015).

Associadamente, o micélio aéreo é projetado na superfície do substrato, possuindo uma aparência aveludada, estabelecendo o micélio reprodutivo, o qual se diferencia para dar origem aos corpos de frutificação (CHATER & CHANDRA, 2006; MAHAJAN & BALACHANDRAN, 2012; MALVIYA et al., 2013). Esses organismos possuem uma diversidade morfológica bastante extensa e é um critério para a caracterização de cepas a nível de gênero (PHILIP et al., 2012).

Esses micro-organismos apresentam uma ampla variedade morfológica, diferindo principalmente no que diz respeito a presença ou ausência de micélio, cor do micélio, produção de pigmento difusivo, estrutura e aparência do esporo (BARKA et al., 2015).

A aparência morfológica é compacta, às vezes coriácea com superfície seca e frequentemente coberta com micélio aéreo, (RANJANI et al., 2016). Os autores ainda afirmam que o micélio aéreo é normalmente mais espesso que o reverso e é designado como o critério mais importante para a classificação do gênero *Streptomyces* entre a espécie *Actinobacteria*, compreendendo estrutura, formação de anéis ou zonas concêntricas e pigmentação.

O micélio reverso cresce na superfície do meio de cultura e sua principal função é a absorção de nutrientes para o crescimento da actinobactéria (LI et al., 2016). Podem apresentar coloração branca, amarela, laranja, vermelha, verde, azul, lilás, marrom, preto etc. As características como cor do micélio reverso e se há pigmentos solúveis providenciam importantes referências na determinação de uma nova espécie, complementa Li et al. (2016).

As actinobactérias podem ser termofílicas, acidofílicas, halofílicas, endofíticas, simbióticas, endosimbióticas e intestinais (RANJANI et al., 2016).

Tabela 1 – Os diferentes tipos de actinobactérias e suas respectivas características. Adaptação do artigo “An Introduction to Actinobacteria” (RANJANI et al., 2016).

<b>TIPOS DE ACTINOBACTÉRIAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Termofílica	Desenvolvem-se em um solo com a temperatura 37°C-65°C
Acidófila	Crescem em solo com pH em torno de 3,5 a 6,5
Halofílica	Crescem em solo salino (2,5-5,2 M de sal)
Endofítica	Vivem no espaço intercelular de plantas
Simbiótica	Vivem em simbiose com várias espécies vegetais
Endossimbiótica	Habita no interior de outro organismo
Intestinal	Participam da nutrição, desenvolvimento, proteção contra bactérias patogênicas

Fonte: An Introduction to Actinobacteria (RANJANI et al., 2016).

Actinobactérias termofílicas são citadas, com frequência, por sua presença na compostagem, e por executar a importante função de decompor matéria orgânica e moléculas recalcitrantes (LACEY, 1997; UNAOGU et al., 1994).

É bastante comum haver ocorrência de actinobactérias em solos ácidos, como o do Cerrado (SILVA, 2012), e esses micro-organismos acidófilos correspondem a um total de aproximadamente 77% da comunidade edáfica (PEREIRA et al., 1999).

Actinobactérias halofílicas podem ser classificadas de maneiras diferentes, de acordo com seu crescimento contendo diferentes concentrações de sal. Podem ser halófilas extremas, que crescem melhor em solo contendo 2,5-5,2 M de NaCl; halófilas moderadas, que possuem crescimento ótimo em solo contendo 0,5-2,5 M de sal e halotolerantes que não demonstram necessitar de sal seu crescimento, entretanto, crescem melhor com concentrações de 1,7 M de NaCl. Os melhores habitats para esses micro-organismos halófilos são água do mar, solos salinos e lagos salinos (RANJANI et al., 2016).

Actinobactérias endofíticas são micro-organismos que vivem no espaço intercelular de tecidos de plantas sem, no entanto, causar sintomas de

patogenicidade (KAMPAPONGSA & KAEWKLA, 2015). Por outro lado, estas podem produzir antibióticos para inibição de fitopatógenos, produção de hormônios de crescimento vegetal, auxinas, citocininas, giberelinas e também promovem tolerância a seca (IGARASHI et al., 2002; NAIK et al., 2009). Portanto, embora essa interação micro-organismo endofítico-planta permaneça assintomático, várias evidências sugerem que organismos endofíticos contribuem para a vitalidade vegetal (TCHINDA et al., 2016).

Há inúmeras relações simbióticas das actinobactérias com outros seres vivos, podem dar auxílio a seus hospedeiros (endofilia), expandindo a resistência aos fitopatógenos (CONN et al., 2008). Além disso, diversos componentes do filo *Actinobacteria* foram identificados como membros abundantes na comunidade microbiana associada a esponjas, em uma endossimbiose (RANJANI et al., 2016).

Consistentemente, sabe-se que as actinobactérias são componentes da comunidade microbiana intestinal, embora sua função não seja bem compreendida (ARANGO et al., 2016). Há uma hipótese que afirma que esta possui uma predisposição a facilitar um tipo de defesa simbiótica (KALTENPOTH, 2009).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1. Geral**

Registrar fotograficamente as cepas de actinobactérias oriundas do semiárido.

#### **3.2. Específicos**

- a) Analisar a distinção entre micélio aéreo e reverso das diferentes cepas;
- b) Registrar todas as cepas, através de fotografia, para elaboração de um acervo fotográfico.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

Foram utilizados nesse estudo actinobactérias provenientes de solos da região de Quixeramobim, cidade do Estado do Ceará, e está localizado na Mesorregião dos Sertões Cearenses, especificamente na Fazenda Normal, que está compreendida entre a latitude 5°07'12,1" S e a longitude 39°10'33,3" W.

O clima é classificado como Tropical Quente Semiárido, pluviosidade média anual de 600,1 a 800 mm, e concentrada nos meses de fevereiro e abril e a temperatura média é de 26 °C a 42 °C (IPECE, 2009).

### **4.2 Actinobactérias**

Foram selecionadas 37 cepas a partir das 194 isoladas do solo de Quixeramobim, tendo como principal requisito a sua divergência, quanto ao aspecto cultural, entre as 194 amostras. As cepas foram previamente codificadas como "QB", indicativo de Quixeramobim, seguido pelo número.

As cepas de actinobactérias selecionadas foram: QB-03, QB-12, QB-14, QB-17, QB-23, QB-29, QB-32, QB-39, QB-52, QB-60, QB-64, QB-70, QB-72, QB-76, QB-81, QB-90, QB-93, QB-99, QB-100, QB-102, QB-104, QB-114, QB-115, QB-116, QB-117, QB-118, QB-127, QB-132, QB-139, QB-148, QB-152, QB-157, QB-174, QB-182, QB-183, QB-192, QB-194. Essas cepas são mantidas em tubos com meio caseína dextrose (CD) a 25°C no Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMAB) do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, compondo coleção de actinobactérias oriundas do semiárido do Nordeste brasileiro.

### **4.3 Cultivo das cepas**

As cepas selecionadas foram inoculadas em meio CDA (em placa de Petri), com a seguinte composição para 1000 mL: 0,5 g de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (fosfato de potássio), 0,2 g de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (sulfato de magnésio), 2 g de glicose, 0,01g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (sulfato de ferro), 0,2 g de caseína (previamente dissolvida em 10 mL de NaOH 0,1 N), 15 g de ágar, 10 mL NaOH e 2,5 mL de nistatina (antifúngico). O pH foi ajustado para 6,5 ~ 6,6.

Além da inoculação em placa de Petri, houve ainda a inoculação em caldo CD (em tubo de ensaio), cuja composição para 500 mL deste consiste em: 0,25 g de

$K_2HPO_4$  (fosfato de potássio), 0,1 g de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  (sulfato de magnésio), 1 g de glicose, 0,005 g de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (sulfato de ferro), 0,1 g de caseína (previamente dissolvida previamente em 5 ml de NaOH 0,1 N), 10 mL NaOH (0,4 g de NaOH para 100 mL de água, sendo que apenas 5 mL foi utilizado). O pH foi ajustado para 6,5 ~ 6,6.

Os cultivados foram incubados em B.O.D. a 28 °C por 14 dias. Após esse período foi realizado o registro fotográfico.

Posterior aos 14 dias, foi realizada ainda outra inoculação com o objetivo de obter colônias com diâmetro maior para facilitar o registro por meio de foto. Para isso, uma alíquota de 10  $\mu$ L do caldo CD, previamente agitado em vórtex, foi inoculado no centro da placa. As placas foram incubadas em B.O.D. a 28 °C por 14 dias, em seguida realizou-se o registro fotográfico.

#### **4.4. Registro fotográfico**

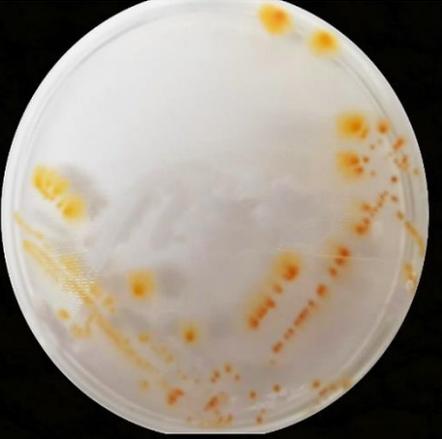
As fotos foram realizadas com as placas abertas em câmara de fluxo laminar, para dar um melhor contraste os planos de fundo foram branco e preto, alternadamente. As fotografias das cepas foram captadas em planos superior, inferior e horizontal para uma melhor visualização, enquanto que para as colônias isoladas foram escolhidos apenas os planos superior e inferior.

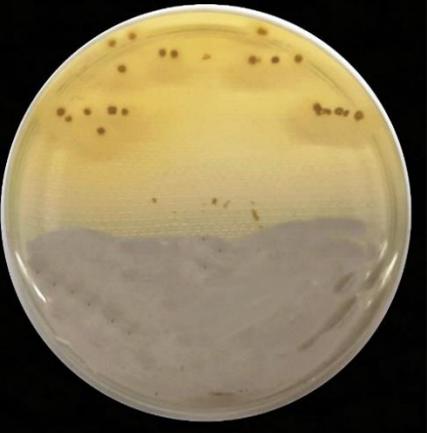
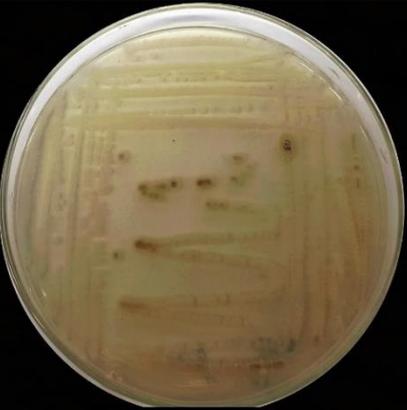
## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

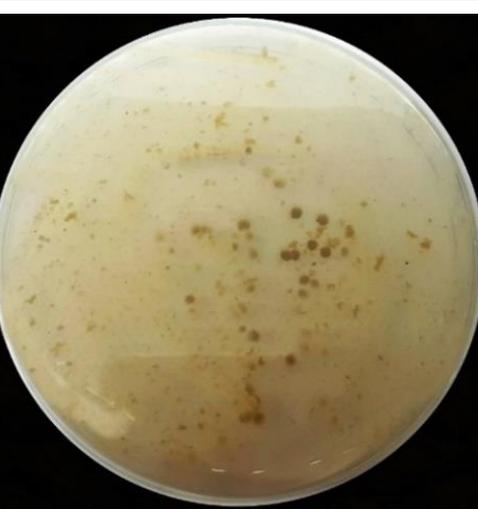
A diversidade cultural das cepas oriundas de Quixeramobim pode ser observada pelo registro fotográfico, que abrange imagens das placas de Petri com enfoque no micélio aéreo e no micélio reverso.

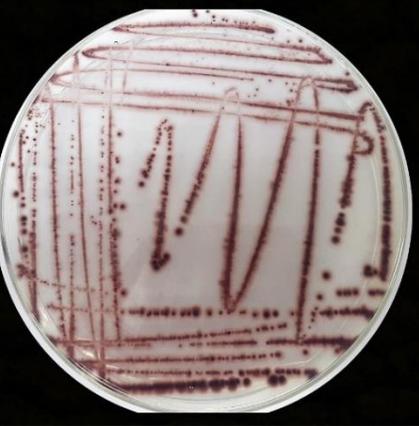
**5.1. Registro fotográfico do micélio aéreo e micélio reverso das cepas de actinobactérias.**

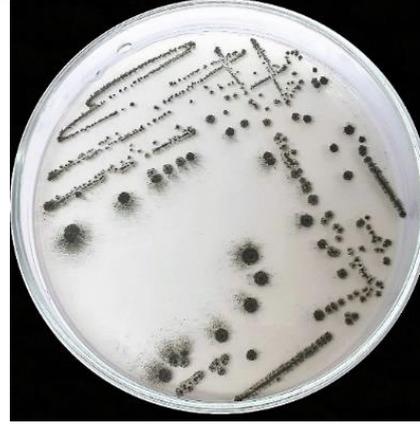
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 03		
QB 12		
QB 14		
QB 17		

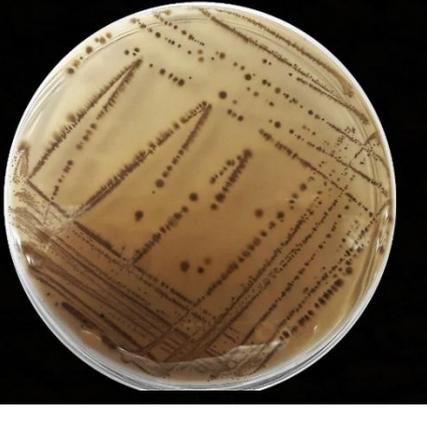
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 29		
QB 32		
QB 39		
QB 52		

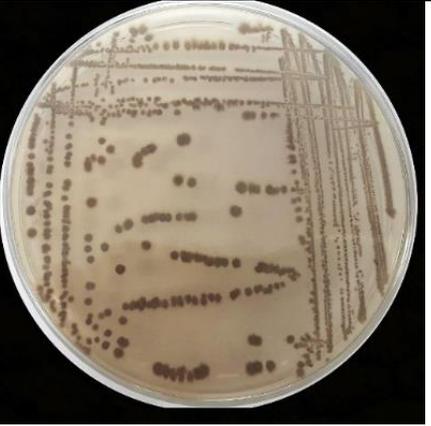
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 60		
QB 64		
QB 70		
QB 72		

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 76	 A petri dish containing a yellowish agar medium. The surface is covered with a dense, fuzzy layer of white aerial mycelium, which is most prominent in the center and spreads outwards. The mycelium appears to be growing in a somewhat organized, radiating pattern from the center.	 A petri dish showing the reverse side of the agar medium for QB 76. The surface is covered with a dense, fuzzy layer of white mycelium, which is most prominent in the center and spreads outwards. The mycelium appears to be growing in a somewhat organized, radiating pattern from the center.
QB 81	 A petri dish containing a yellowish agar medium. The surface is covered with a dense, fuzzy layer of white aerial mycelium, which is most prominent in the center and spreads outwards. The mycelium appears to be growing in a somewhat organized, radiating pattern from the center.	 A petri dish showing the reverse side of the agar medium for QB 81. The surface is covered with a dense, fuzzy layer of white mycelium, which is most prominent in the center and spreads outwards. The mycelium appears to be growing in a somewhat organized, radiating pattern from the center.
QB 90	 A petri dish containing a yellowish agar medium. The surface is covered with a dense, fuzzy layer of white aerial mycelium, which is most prominent in the center and spreads outwards. The mycelium appears to be growing in a somewhat organized, radiating pattern from the center.	 A petri dish showing the reverse side of the agar medium for QB 90. The surface is covered with a dense, fuzzy layer of white mycelium, which is most prominent in the center and spreads outwards. The mycelium appears to be growing in a somewhat organized, radiating pattern from the center.

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 93		
QB 99		
QB 100		
QB 104		

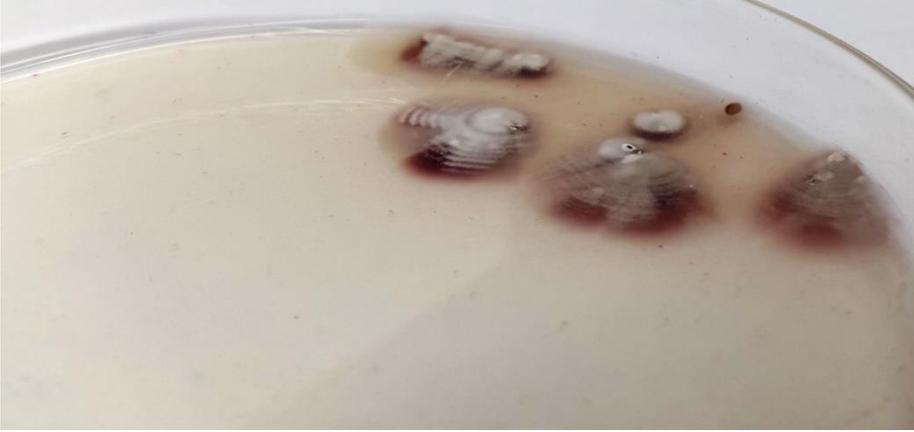
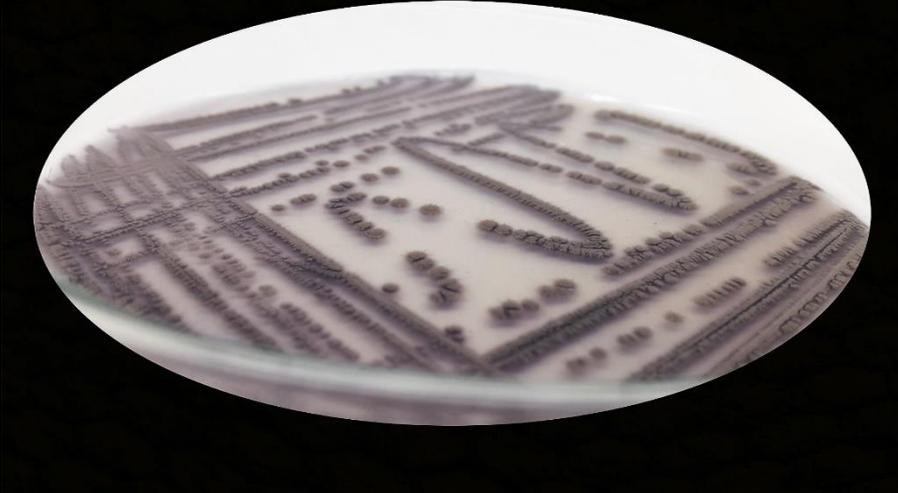
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 114		
QB 115		
QB 116		
QB 117		

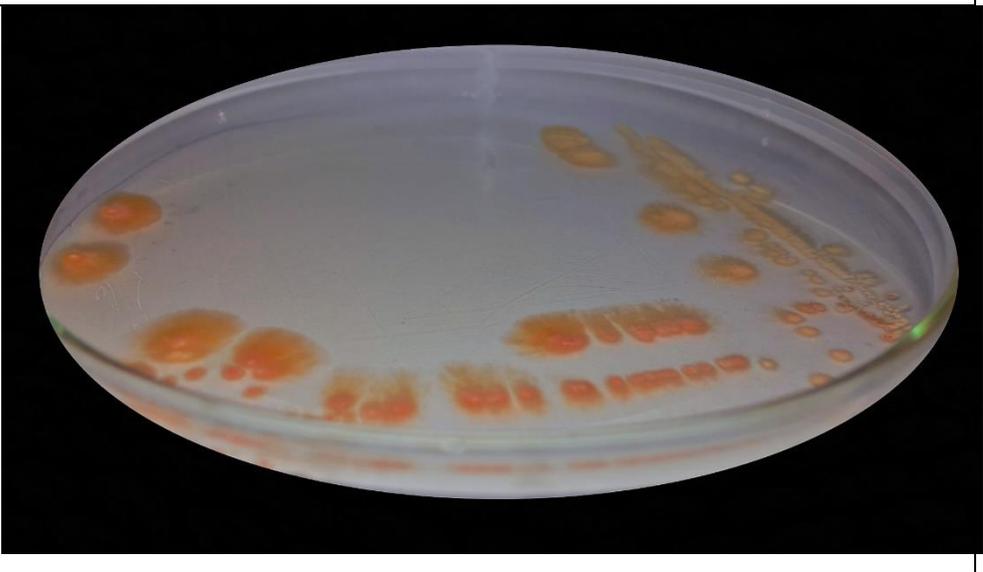
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 118		
QB 127		
QB 132		
QB 139		

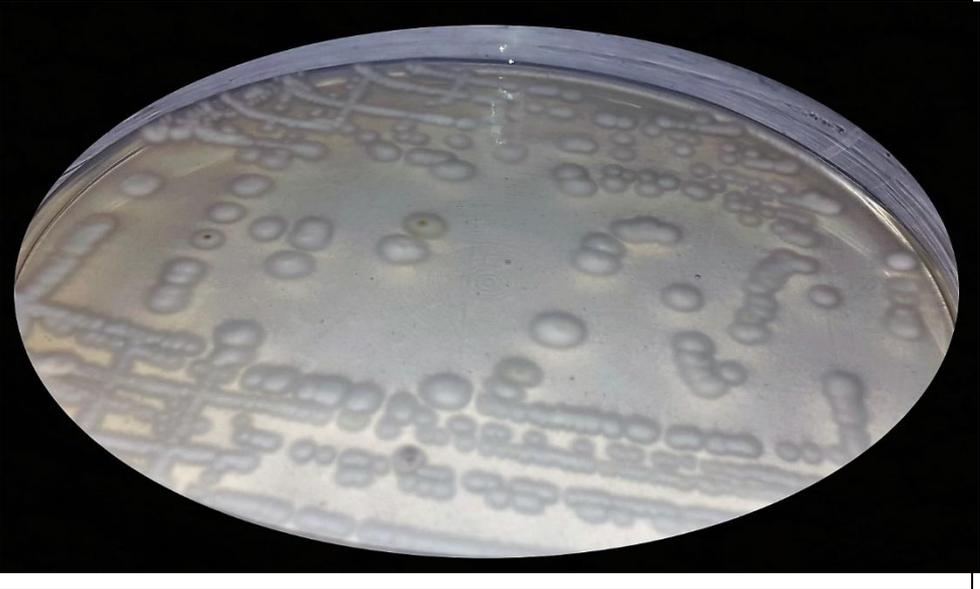
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 148		
QB 152		
QB 157		
QB 174		

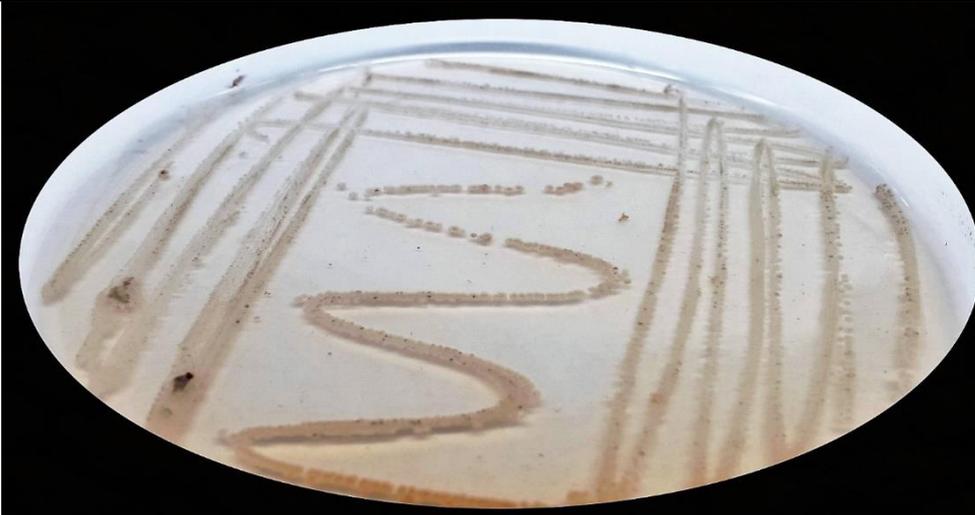
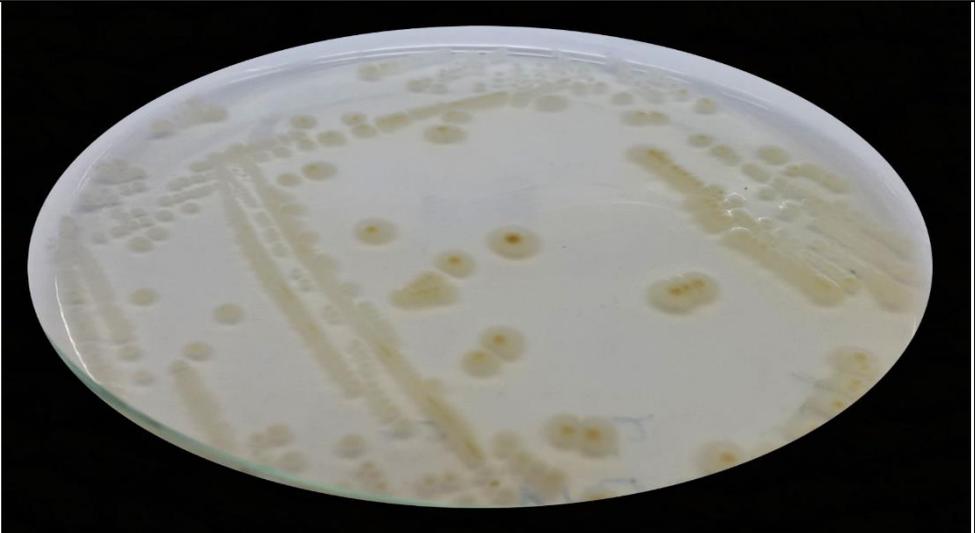
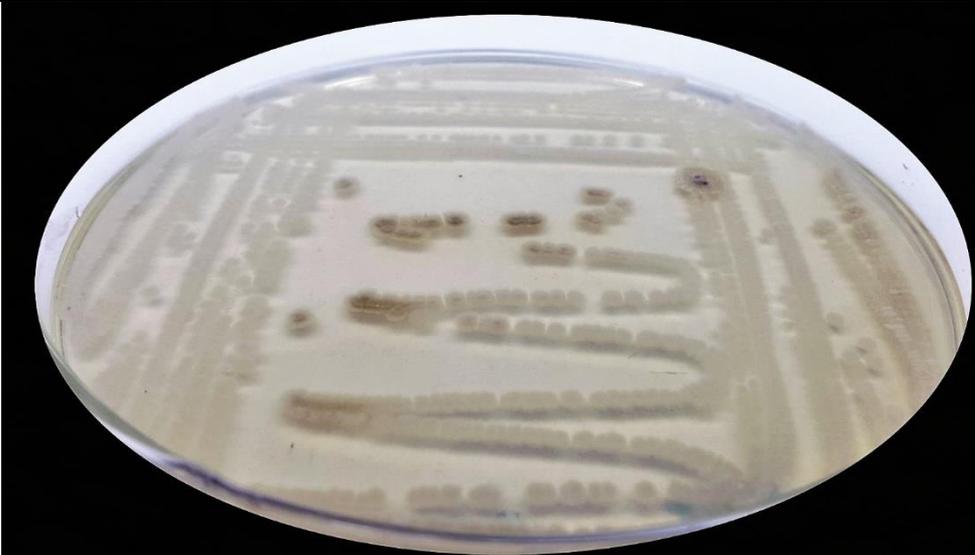
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 182		
QB 183		
QB 192		
QB 194		

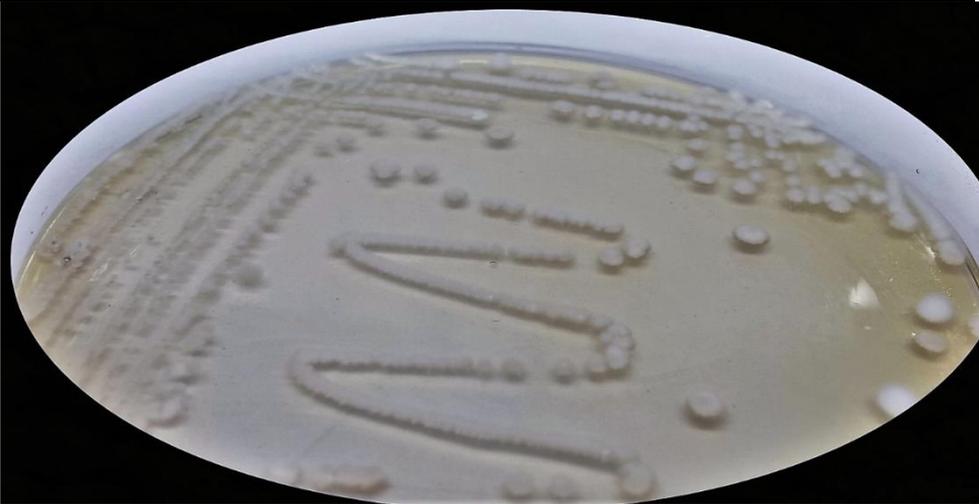
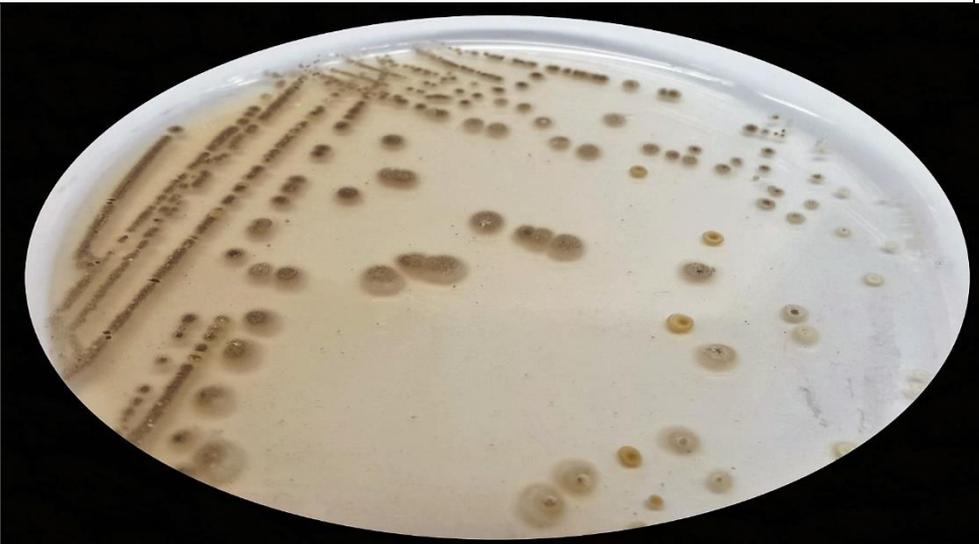
**5.2. Registro fotográfico de colônias isoladas no plano horizontal.**

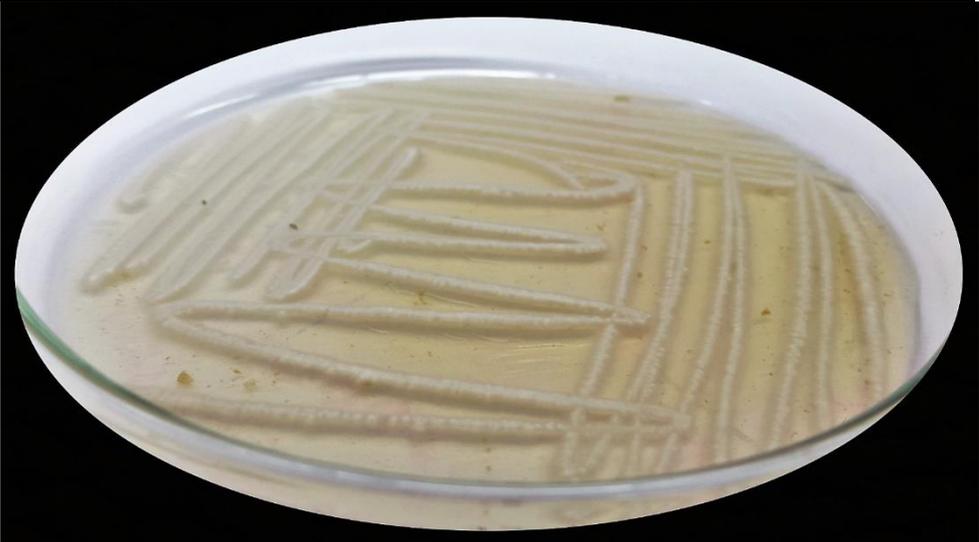
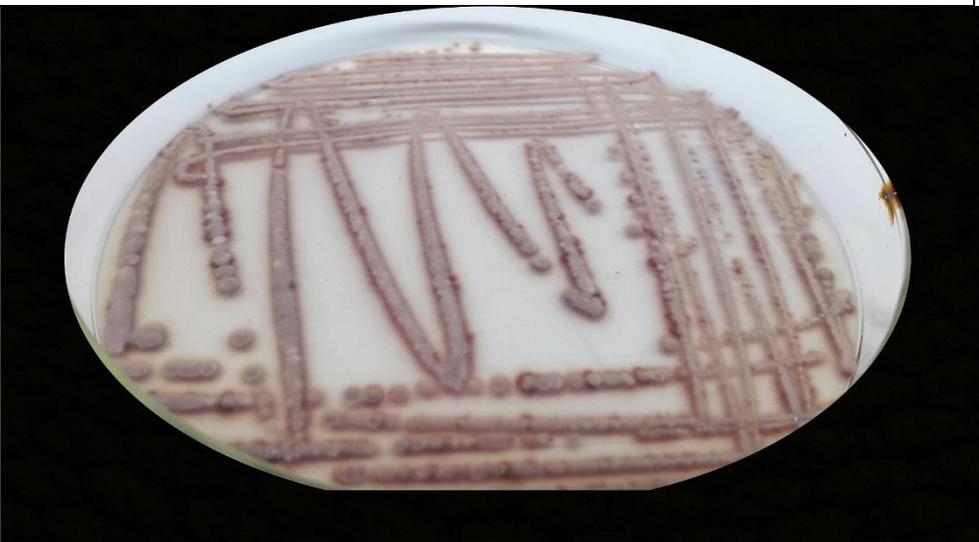
CEPAS	Vista Horizontal
QB 03	
QB 12	
QB 14	

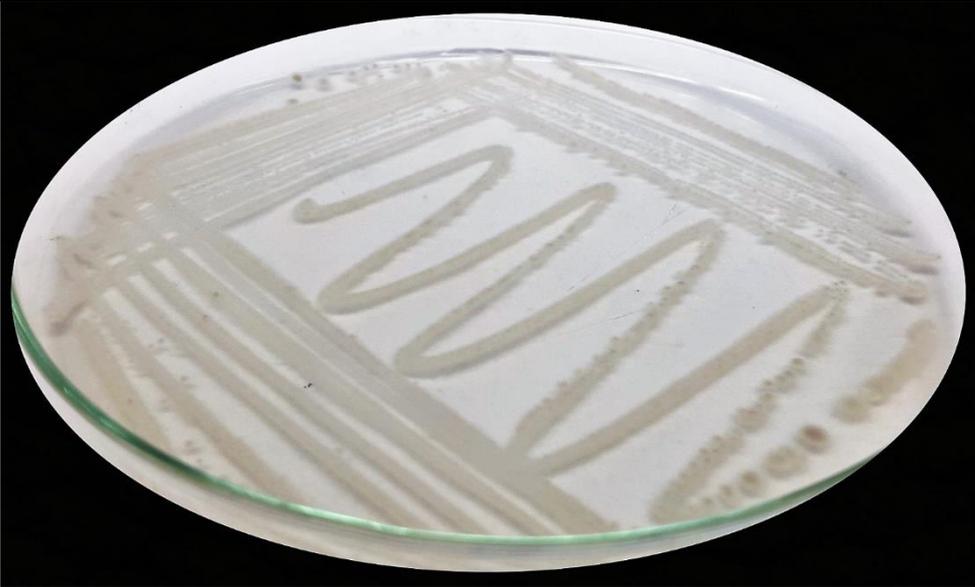
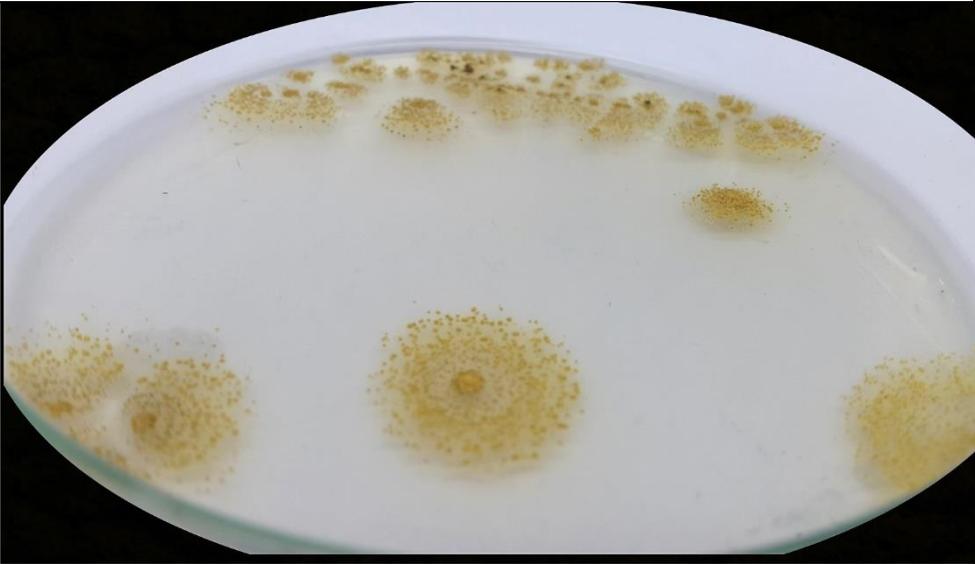
QB 17	 A petri dish containing a yellow agar medium. The surface is covered with numerous small, white, circular bacterial colonies, some of which are arranged in a grid-like pattern.
QB 29	 A petri dish containing a white agar medium. The surface is covered with numerous small, orange, circular bacterial colonies, some of which are arranged in a grid-like pattern.
QB 32	 A petri dish containing a white agar medium. The surface is covered with numerous small, yellow, circular bacterial colonies, some of which are arranged in a grid-like pattern.

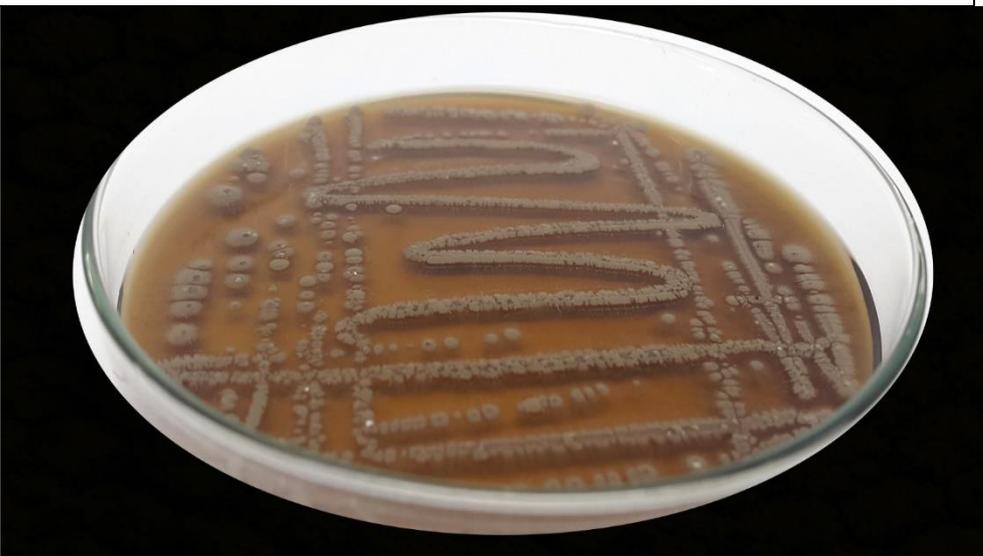
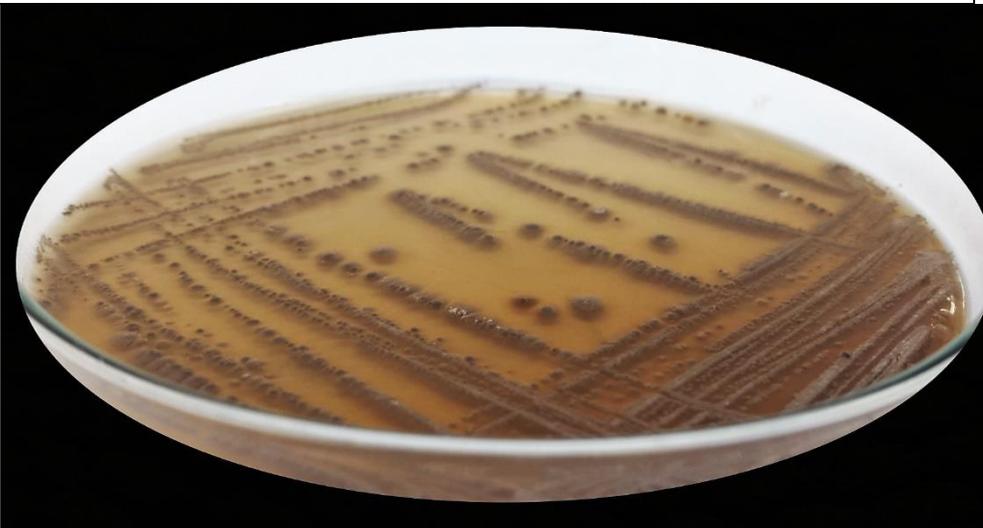
QB 39	
QB 52	
QB 60	

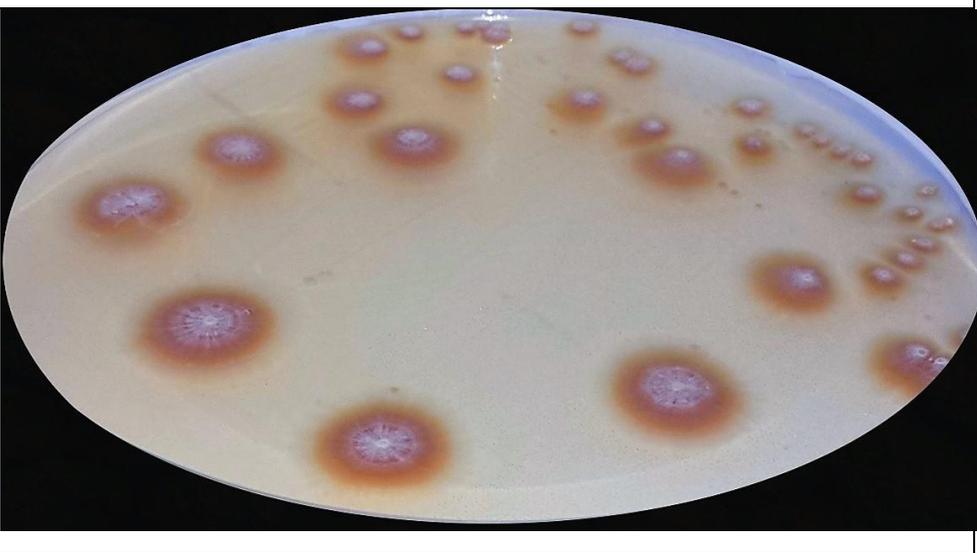
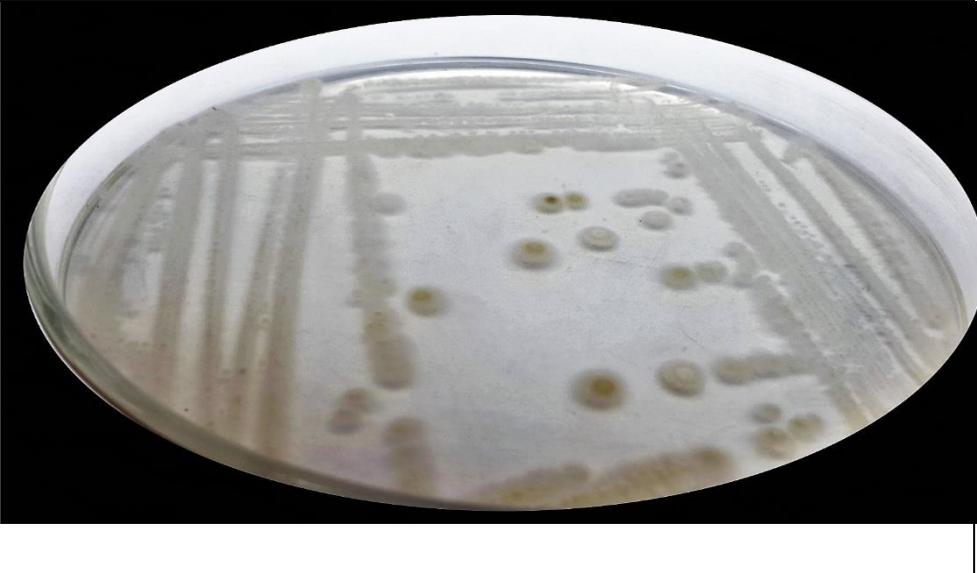
<p>QB 64</p>	
<p>QB 70</p>	
<p>QB 72</p>	

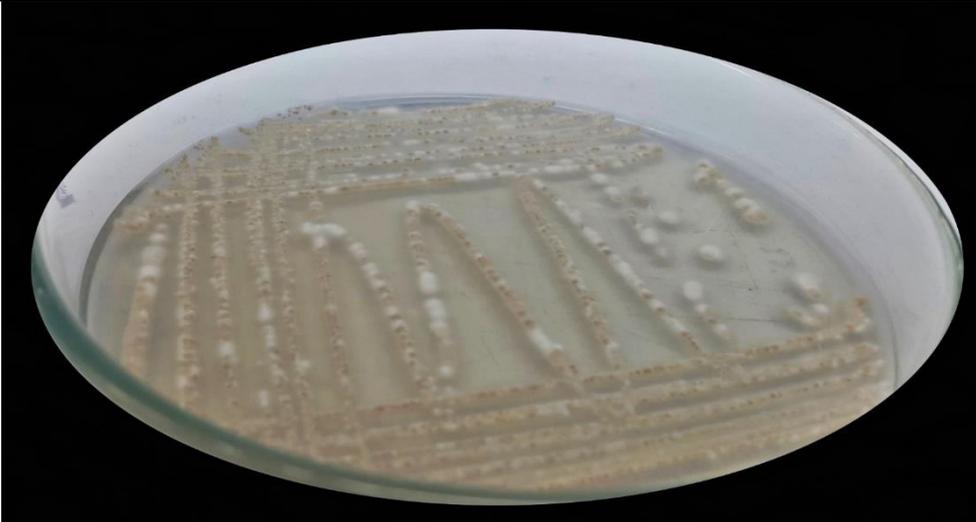
<p>QB 76</p>	
<p>QB 81</p>	
<p>QB 90</p>	

QB 93	
QB 99	
QB 100	

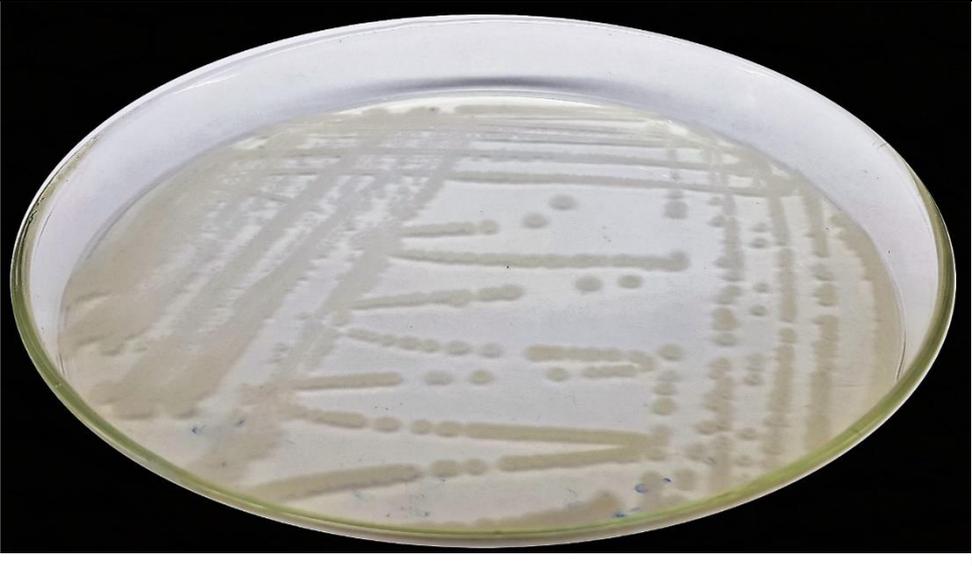
QB 104	 A petri dish containing a white agar surface with several distinct streaks of bacterial growth. The streaks are arranged in a pattern that includes a central loop and several parallel lines extending towards the edges of the dish.
QB 114	 A petri dish containing a white agar surface with several circular bacterial colonies. The colonies are yellowish in color and are scattered across the surface, with a larger, more prominent colony in the center.
QB 115	 A petri dish containing a white agar surface with several dark, irregular bacterial colonies. The colonies are arranged in a pattern that includes several parallel lines and several smaller, scattered colonies.

QB 116	 A petri dish containing a bacterial culture on a light-colored agar. The culture shows a grid-like pattern of small, dark, circular colonies, with some larger, more distinct colonies scattered throughout.
QB 117	 A petri dish containing a bacterial culture on a brownish agar. The culture shows a grid-like pattern of small, dark, circular colonies, with some larger, more distinct colonies scattered throughout.
QB 118	 A petri dish containing a bacterial culture on a brownish agar. The culture shows a grid-like pattern of small, dark, circular colonies, with some larger, more distinct colonies scattered throughout.

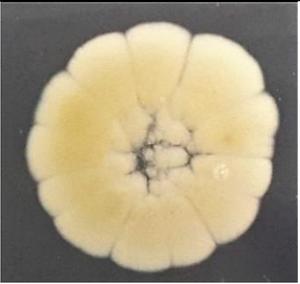
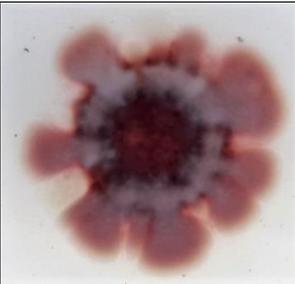
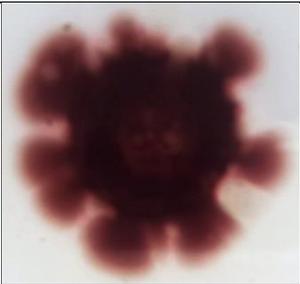
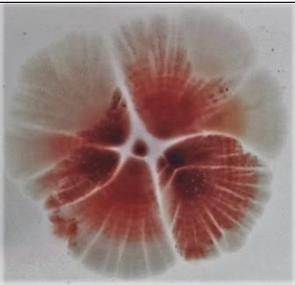
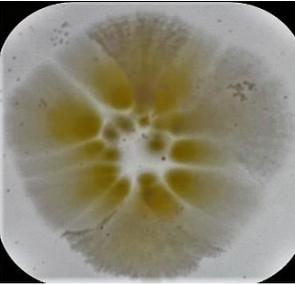
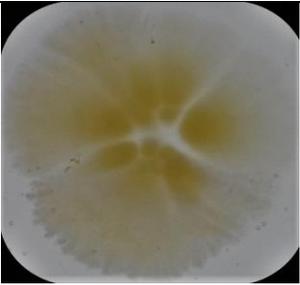
QB 127	 A petri dish containing a white agar surface with several parallel streaks of bacterial growth. The streaks are dark brown and appear to be composed of individual bacterial colonies or a dense layer of cells.
QB 132	 A petri dish showing numerous small, circular bacterial colonies. Each colony has a distinct reddish-purple center surrounded by a white or light-colored outer ring. The colonies are scattered across the white agar surface.
QB 139	 A petri dish showing streaked bacterial growth on a white agar surface. The streaks are dark brown and appear to be composed of individual bacterial colonies or a dense layer of cells. There are also several small, circular colonies scattered across the surface.

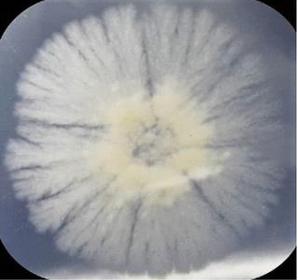
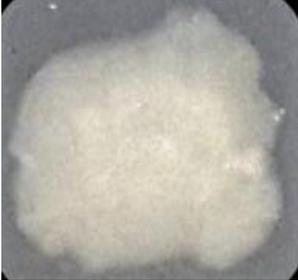
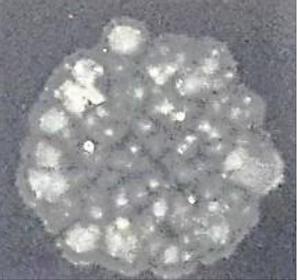
QB 148	
QB 152	
QB 157	

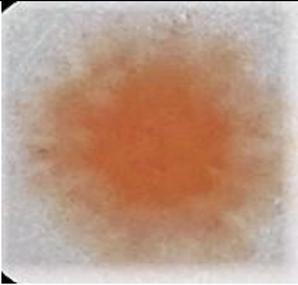
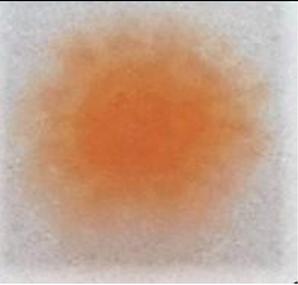
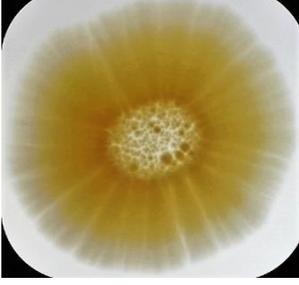
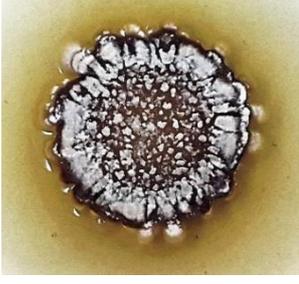
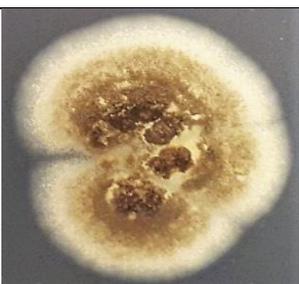
<p>QB 174</p>	 A petri dish containing a bacterial culture on a white agar surface. The culture is characterized by numerous thin, parallel streaks and several distinct, circular colonies of varying sizes, all appearing in a light brownish-tan color.
<p>QB 182</p>	 A petri dish showing a bacterial culture on white agar. The culture features a prominent, dense, vertical streak on the left side, along with several other parallel streaks and numerous small, dark brown, circular colonies scattered across the surface.
<p>QB 183</p>	 A petri dish with a bacterial culture on white agar. The culture consists of several parallel streaks and a few circular colonies, all exhibiting a yellowish-tan color.

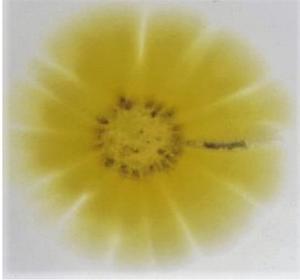
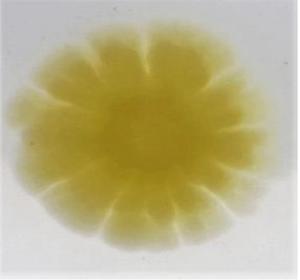
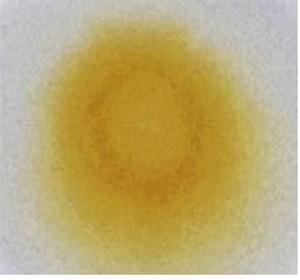
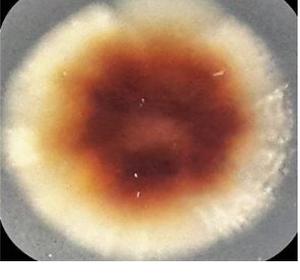
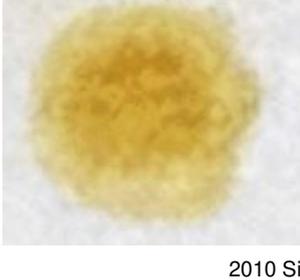
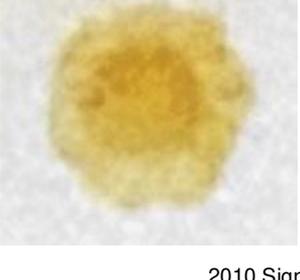
QB 192	 A petri dish containing a bacterial culture. The agar surface is marked with a grid of streaks and spots, likely from a grid-inoculation technique. The streaks are light brown and form a series of parallel lines and small clusters.
QB 194	 A petri dish containing a bacterial culture. The agar surface shows a grid of streaks and spots, similar to QB 192. The streaks are light brown and form a series of parallel lines and small clusters.

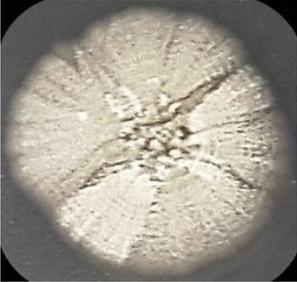
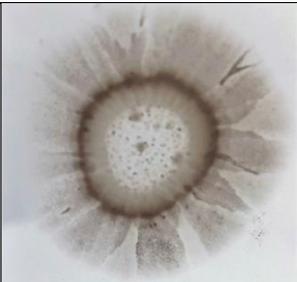
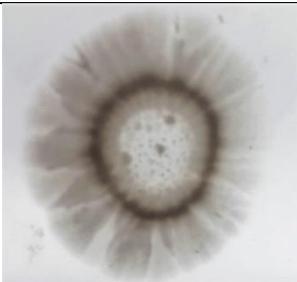
## 5.3. Registro fotográfico de colônias isoladas no plano superior e inferior

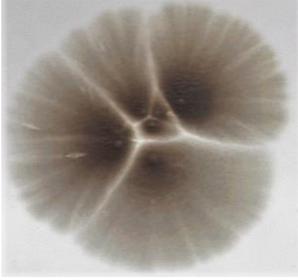
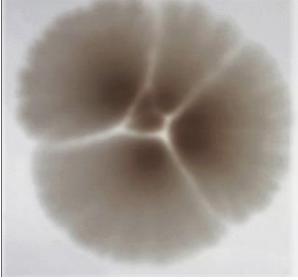
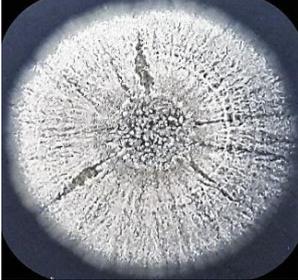
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 03	 <p data-bbox="703 636 858 667">1015 Light Ivory</p>	 <p data-bbox="1225 636 1396 667">7032 Pebble grey</p>
QB 12	 <p data-bbox="692 972 863 1003">9003 Signal</p>	 <p data-bbox="1251 972 1396 1003">3005 Wine red</p>
QB 14	 <p data-bbox="703 1301 858 1332">3012 Beige red</p>	 <p data-bbox="1251 1301 1406 1332">3012 Beige red</p>
QB 17	 <p data-bbox="687 1648 858 1680">1018 Zinc Yellow</p>	 <p data-bbox="1235 1648 1406 1680">1018 Zinc Yellow</p>
QB 23**	 <p data-bbox="671 1984 858 2016">1013 Oyster white</p>	 <p data-bbox="1219 1984 1396 2016">1013 Oyster white</p>

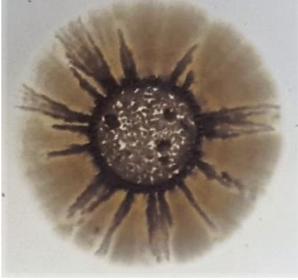
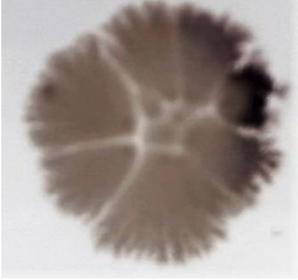
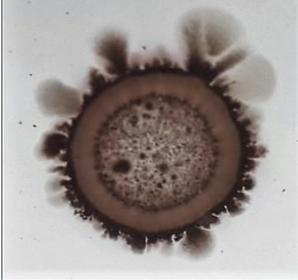
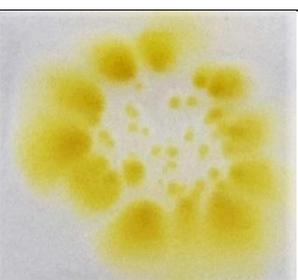
CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 29	 <p data-bbox="751 577 879 607">9001 Cream</p>	 <p data-bbox="1278 577 1406 607">9001 Cream</p>
QB 32	 <p data-bbox="679 907 879 936">2000 Yellow Orange</p>	 <p data-bbox="1193 907 1393 936">2000 Yellow Orange</p>
QB 39	 <p data-bbox="707 1236 879 1265">1013 Oyster white</p>	 <p data-bbox="1198 1236 1398 1265">2000 Yellow Orange</p>
QB 52	 <p data-bbox="707 1568 879 1597">1013 Oyster white</p>	 <p data-bbox="1230 1568 1398 1597">9003 Grey White</p>
QB 60	 <p data-bbox="683 1865 879 1895">2003 Pastel orange</p>	 <p data-bbox="1217 1877 1414 1906">2003 Pastel orange</p>

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 64	 <p data-bbox="687 636 887 663">2012 Salmon orange</p>	 <p data-bbox="1214 636 1414 663">2012 Salmon orange</p>
QB 70	 <p data-bbox="695 978 863 1005">1018 Zinc Yellow</p>	 <p data-bbox="1246 978 1414 1005">1018 Zinc Yellow</p>
QB 72	 <p data-bbox="711 1301 879 1328">White and Brown</p>	 <p data-bbox="1238 1301 1406 1328">8007 Fawn Brown</p>
QB 76	 <p data-bbox="727 1624 871 1650">7035 Light grey</p>	 <p data-bbox="1214 1624 1406 1650">2000 Yellow Orange</p>
QB 81	 <p data-bbox="695 1968 887 1995">2003 Pastel orange</p>	 <p data-bbox="1214 1968 1406 1995">2000 Yellow Orange</p>

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 90	 <p data-bbox="707 696 874 723">1018 Zinc Yellow</p>	 <p data-bbox="1254 696 1422 723">1018 Zinc Yellow</p>
QB 93	 <p data-bbox="707 1039 874 1066">7034 Yellow Grey</p>	 <p data-bbox="1238 1039 1422 1066">2000 Yellow Orange</p>
QB 99	 <p data-bbox="707 1382 874 1408">9003 Grey White</p>	 <p data-bbox="1238 1382 1422 1408">9018 Papyrus White</p>
QB 100	 <p data-bbox="707 1724 874 1751">9003 Grey White</p>	 <p data-bbox="1270 1724 1422 1751">3012 Beige red</p>
QB 102**	 <p data-bbox="707 2045 874 2072">2010 Signal orange</p>	 <p data-bbox="1238 2045 1422 2072">2010 Signal orange</p>

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 104	 9010 Pure White	 808000 Olive
QB 114	 1003 Signal Yellow	 1003 Signal Yellow
QB 115	 1000 Green beige	 1000 Green beige
QB 116	 7045 Telegrey 1	 7045 Telegrey 1
QB 117	 8016 Mahogany Brown	 8016 Mahogany Brown

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 118	 <p data-bbox="651 577 879 611">8016 Mahogany Brown</p>	 <p data-bbox="1155 577 1383 611">8016 Mahogany Brown</p>
QB 127	 <p data-bbox="715 918 868 952">7035 Light Grey</p>	 <p data-bbox="1224 918 1377 952">7035 Light Grey</p>
QB 132	 <p data-bbox="676 1238 874 1272">2010 Signal Orange</p>	 <p data-bbox="1198 1238 1396 1272">2010 Signal Orange</p>
QB 139	 <p data-bbox="699 1559 874 1592">1013 Oyster white</p>	 <p data-bbox="1235 1559 1394 1592">255 Light Yellow</p>
QB 148	 <p data-bbox="708 1901 874 1935">9010 Pure White</p>	 <p data-bbox="1241 1901 1401 1935">255 Light Yellow</p>

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 152	 <p data-bbox="692 566 868 589">139 Saddle Brown</p>	 <p data-bbox="1278 566 1390 589">160 Sienna</p>
QB 157	 <p data-bbox="692 887 868 909">7034 Yellow Grey</p>	 <p data-bbox="1235 887 1410 909">255 Light Yellow</p>
QB 174	 <p data-bbox="703 1196 857 1218">8011 Nut Brown</p>	 <p data-bbox="1230 1196 1383 1218">8011 Nut Brown</p>
QB 182	 <p data-bbox="697 1527 863 1550">8007 FownBrown</p>	 <p data-bbox="1225 1527 1378 1550">8011 Nut Brown</p>
QB 183	 <p data-bbox="703 1859 869 1881">1018 Zinc Yellow</p>	 <p data-bbox="1230 1859 1396 1881">1018 Zinc Yellow</p>

CEPAS	MICÉLIO AÉREO	MICÉLIO REVERSO
QB 192	 <p>9002 Grey White</p>	 <p>9002 Grey White</p>
QB 194	 <p>8011 Nut Brown</p>	 <p>8011 Nut Brown</p>

\*\* Cresceram como colônia isolada, mas não esporularam em placa inteira

Foi possível perceber que aproximadamente 80% das cepas apresentaram semelhança quando observado o micélio aéreo e o reverso. Outras porém, apresentaram distinção, e como exemplo tem-se QB 12, QB 39, QB 72, QB 76, QB 81, QB 93, QB 99, QB 100, onde o micélio reverso apresentava uma coloração distinta do micélio aéreo.

Houve uma diversidade elevada entre as cepas quanto a cor dos micélios demonstrando a heterogeneidade da região semiárida. Sabe-se que a produção de pigmentos não é imprescindível para o crescimento microbiano, mas tem-se o conhecimento de que exerce importante papel ecológico, isto que contribuem para a sobrevivência e competitividade dos micro-organismos (SHARMA, 2014; OLIVEIRA et al., 2014). Essa diversidade microbiana no solo é de extrema importância, visto que a diminuição da diversidade pode resultar em decréscimo na atividade de ciclagem de nutrientes e crescimento vegetal (REBER, 1992).

As 37 cepas selecionadas para análise foram divididas por critério de similaridade, formando 23 grupos distintos (Figura 1 e 2)

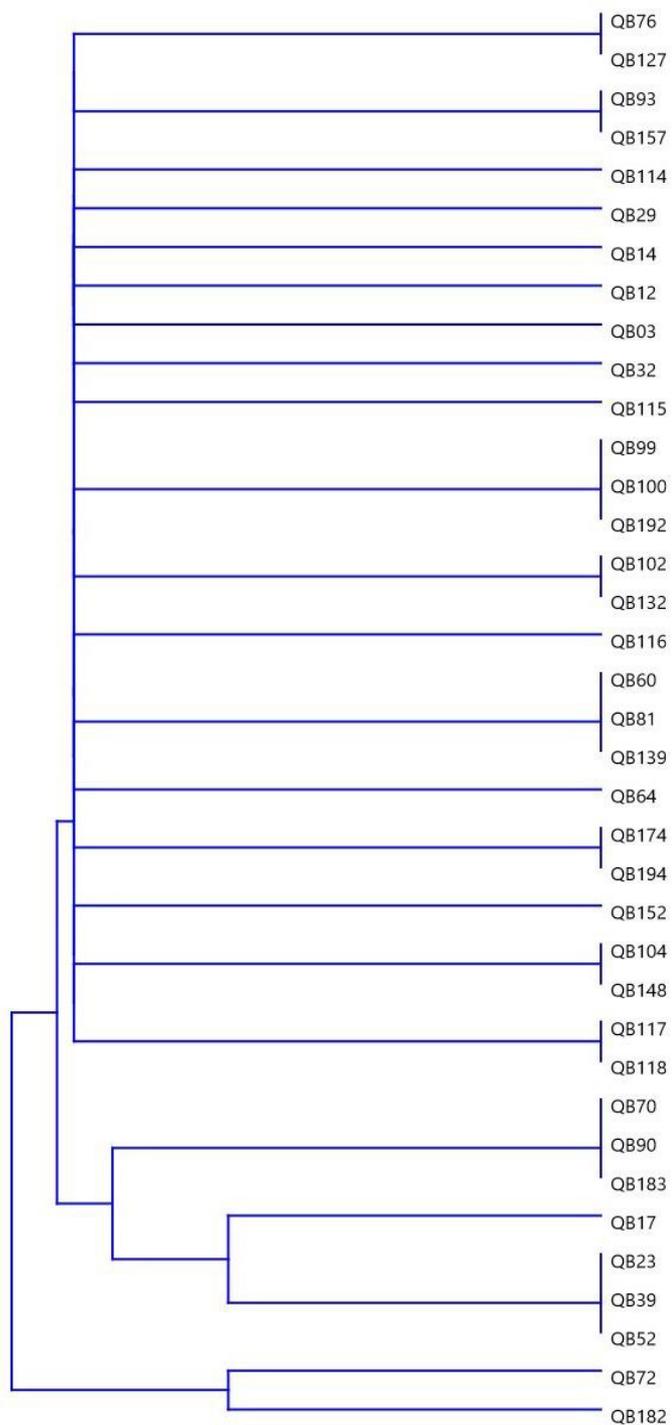


Figura 1: Dendrograma das características culturais do micélio aéreo das actinobactérias oriundas de Quixeramobim (Ce).

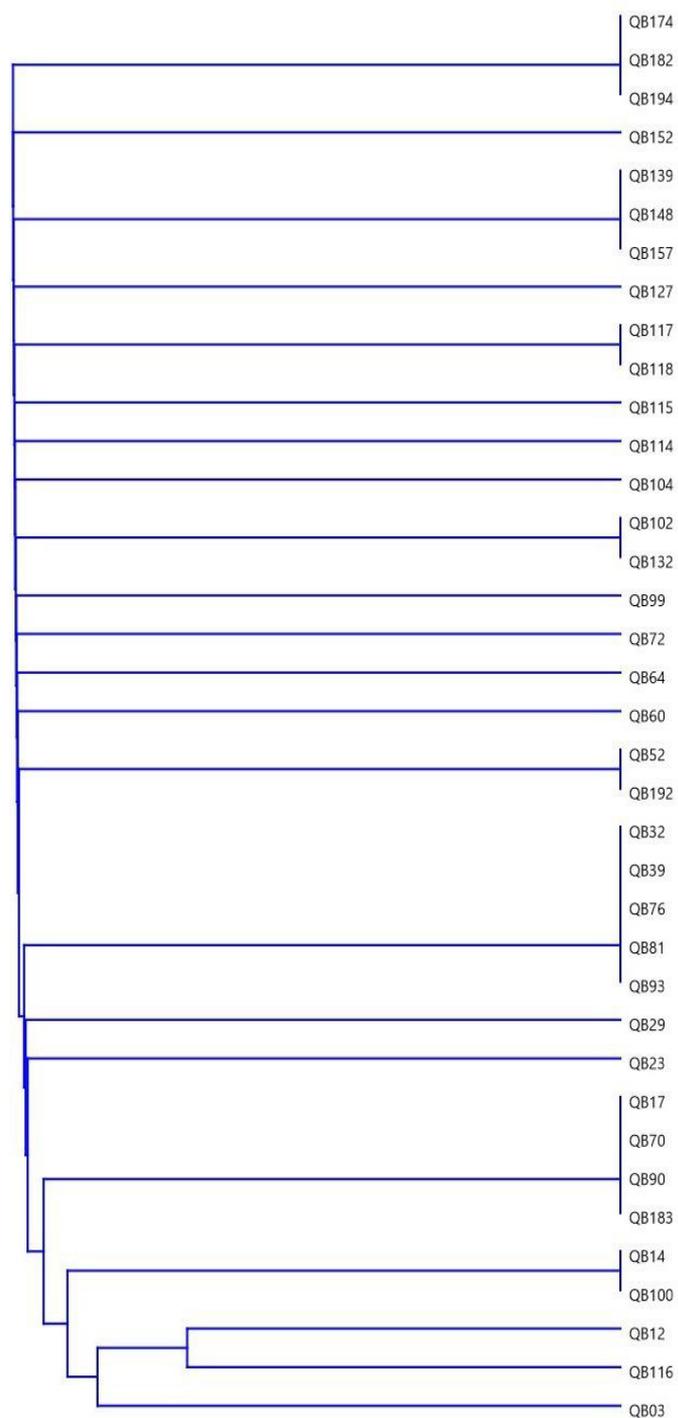


Figura 2: Dendrograma das características culturais do micélio reverso actinobactérias oriundas de Quixeramobim (Ce).

A produção de pigmentos por actinobactérias é um bom critério para estudos taxonômicos. Estes pigmentos são descritos em tons de azul, violeta, vermelho, rosa, amarelo, verde, marrom e preto, que podem estar dissolvidos no meio ou

retidos no micélio (AMAL et al., 2011). Dentre as cepas analisadas, cerca de 19% apresentaram pigmento difusivo.

Neste estudo, as cores marrom e amarela foram predominantes em comparação com as constatadas por Ramos et al. (2015) e Silva et al. (2015), que, ao descreverem culturalmente cepas de actinobactérias, também provenientes do semiárido, observaram a predominância das cores cinza, creme e branco.

Tendo em vista que o semiárido é um local ainda pouco explorado, é bem possível que a diversidade seja superior ao que se tem conhecimento.

## **6 CONCLUSÃO**

Pode-se observar diversidade quanto ao aspecto cultural entre as cepas analisadas, e essa diferença foi documentada por meio de registro fotográfico. Dessa forma o material gerado poderá ser utilizado como material de consulta na caracterização de novas cepas oriundas do semiárido.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo em vista a grande diversidade cultural das actinobactérias, a construção desse catálogo fotográfico facilitará a consulta e identificação do tipo requerido e dará algum auxílio para estudos posteriores de actinobactérias do semiárido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n.2. p. 194-203, 2006.
- AMAL, A. M.; ABEER, K. A.; SAMIA, H. M.; ABD EL-NASSER H. N.; AHMED, K. A.; EL-HENNAWI, H. M. Selection of pigment (melanin) production in *Streptomyces* and their application in printing and dyeing of wool fabrics. **Research Journal of Chemical Sciences**. v.1, n.5, p. 22-28, 2011.
- ARANGO, R. A. et al. antimicrobial activity of Actinobacteria isolated from the guts of subterranean termites. **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 45, n. 6, p.1415-1423, 2016.
- ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Revista Científica da FASETE**, v.5, n.5, p. 89-98, 2011.
- ARIFUZZAMAN, M. et al. Isolation and screening of actinomycetes from Sundarbans soil for antibacterial activity. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 4615-4619, 2010.
- BAIS, H. P. et al. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**., v. 57, p. 233-266, 2006.
- BALDOCK, J.A.; SKJEMSTAD, J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, [s.l.], v. 31, n. 7-8, p.697-710, 2000.
- BALLAV, S.; DASTAGER, S. G.; KERKAR, S. Biotechnological significance of Actinobacterial research in India. **Recent Research in Science and Technology**, v.4, n.4, p. 31-39, 2012.
- BARKA, E. A. et al. Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, [s.l.], v. 80, n. 1, p.1-43, 25, 2015.
- BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M. J.; BAKKER, P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in plant science**, v. 17, n. 8, p. 478-486, 2013.
- BERNARDES, C. M. et al. População microbiana como indicadora de interferência de diferentes manejos de solos de cerrado com cultivo de soja. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 2, 2006.
- BHASIN, S; CAMEOTRA, S; MODI, H. Actinomycetal Diversity of Western Region of Madhya Pradesh. **Journal of Advances in Developmental Research**, 1, n. 2, p.132-138, 2010.
- BRITO, F. A. E.; RAMOS, K. A.; DA SILVA, R. M. ; MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S. Actinobacteria from rizospheric soil in the caatinga biome. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 1992-2004, 2015.

- CHATER, K. F.; CHANDRA, G. The evolution of development in *Streptomyces* analysed by genome comparisons. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 30, n.5, p. 651-672, 2006.
- CONN, V. M.; WALKER, A. R.; FRANCO, C. M. M. Endophytic Actinobacteria Induce Defense Pathways in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular Plant-microbe Interactions**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.208-218, 2008.
- DEMAIN, A. L.; SANCHEZ, S. Microbial drug discovery: 80 years of progress. **The Journal of Antibiotics**, [s.l.], v. 62, n. 1, p.5-16, 2009.
- DIMITRIU, P. A. et al. Impact of reclamation of surface-mined boreal forest soils on microbial community composition and function. **Soil Biology and Biochemistry**, [s.l.], v. 42, n. 12, p.2289-2297, dez. 2010.
- EL-TARABILY, K. A.; SIVASITHAMPARAM, K. Non-streptomycete actinomycetes as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. **Soil Biology and Biochemistry**, v.38, p.1505–1520, 2005.
- FREITAS, A. D. S. et al. Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino do estado de Pernambuco, Brasil. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 497-504, 2007.
- FUENTES, M. S. et al. Selection of an actinobacteria mixed culture for chlordane remediation. Pesticide effects on microbial morphology and bioemulsifier production. **Journal of Basic Microbiology**, [s.l.], v. 56, n. 2, p.127-137, 2015.
- GORLACH-LIRA, K., COUTINHO, H. D. M. Population dynamics and extracellular enzymes activity of mesophilic and thermophilic bacteria isolated from semi-arid soil of Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.38, p. 135-141, 2007.
- HARRIS, J. A. Measurements of the soil microbial community for estimating the success of restoration. **European Journal of Soil Science**, [s.l.], v. 54, n. 4, p.801-808, 2003.
- HARRIS, J. A.; BIRCH, P.; SHORT, K. C. The impact of storage of soils during opencast mining on the microbial community: a strategist theory interpretation. **Restoration Ecology**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.88-100, 1993.
- HARRIS, J. Soil microbial communities and restoration ecology: facilitators or followers? **Science**, [s.l.], v. 325, n. 5940, p.573-574, 2009.
- HASSANIN, S. M.; EL-MEHALAWY, A. A.; HASSANIN, N. M.; ZAKI, S. A. Induction of resistance and biocontrol of rhizoctonia in cotton damping-off disease by rhizosphere bacteria and actinomycetes. **Internet Journal of Microbiology**, v.3, n.2, 2007.
- HIRSCH, A. M. et al. Molecular signals and receptors: controlling rhizosphere interactions between plants and other organisms. **Ecology**, v. 84, n. 4, p. 858-868, 2003.
- HOBBIE, S. E. Temperature and plant species control over litter decomposition in Alaskan tundra. **Ecological Monographs**, [s.l.], v. 66, n. 4, p.503-522, 1996.

HONG, K. et al. Actinomycetes for marine drug discovery isolated from mangrove soils and plants in China. **Marine Drugs**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.24-44, 2009.

HOSTER, F.; SCHMITZ, J. E.; DANIEL, R. Enrichment of chitinolytic microorganisms: isolation and characterization of chitinase exhibiting antifungal activity against phytopathogenic fungi from a novel *Streptomyces* strain. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.66, p. 434-442, 2005.

IGARASHI, Y. et al. Glucosylquestiomyacin, a Novel Antibiotic from *Microbispora* sp. TP-A0184: Fermentation, Isolation, Structure Determination, Synthesis and Biological Activities. **The Journal of Antibiotics**, [s.l.], v. 51, n. 10, p.915-920, 1998.

IGARASHI, Y et al. Isolation of Actinomycetes from Live Plants and Evaluation of Antiphytopathogenic Activity of Their Metabolites. **Actinomycetologica**, [s.l.], v. 16, n. 1, p.9-13, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. 2014. **Perfil básico municipal 2014 – Quixeramobim**. Disponível em: < [http://www.ipece.ce.gov.br/perfil\\_basico\\_municipal/2014/Quixeramobim.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2014/Quixeramobim.pdf)>. Acesso: 20 nov 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2017. **Cadastro de Municípios localizados na Região Semiárida do Brasil**. Disponível em: < <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiario.shtm>>. Acesso: 24 nov. 2017.

JENNERJAHN, T. C.; ITTEKKOT, V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. **Naturwissenschaften**, [s.l.], v. 89, n. 1, p.23-30, jan. 2002.

JESUS, J. A. **Potencial biotecnológico de actinobactérias e bactérias diazotróficas endofíticas para o crescimento de plantas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes - RJ, 2013.

KALTENPOTH, Martin. Actinobacteria as mutualists: general healthcare for insects?. **Trends in Microbiology**, [s.l.], v. 17, n. 12, p.529-535, 2009.

KAMPAPONGSA, D.; KAEWKLA, O. Biodiversity of endophytic actinobacteria from jasmine rice (*Oryza sativa* L. KDML 105) grown in Roi-Et Province, Thailand and their antimicrobial activity against rice pathogens. **Annals of Microbiology**, [s.l.], v. 66, n. 2, p.587-595, 2015.

KAVAMURA, V. N. et al. Water regime influences bulk soil and rhizosphere of *Cereus jamacaru* bacterial communities in the Brazilian Caatinga biome. **PloS one**, v. 8, n. 9, p. e73606, 2013.

KUZNETSOV, S.I. **Microflora of lakes and its geochemical activity**. Leningrad. Nauka, p.1-9, 1970.

LACEY, J. **Actinomycetes in composts**, Koge, v. 4, n. 2, p. 113-112, 1997.

- LAM, K. S. New aspects of natural products in drug discovery. **Trends in Microbiology**, [s.l.], v. 15, n. 6, p.279-289, 2007.
- LAMBAIS, M.R; CURY, J.C.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; BÜLL, R.C. Diversidade microbiana nos solos: definindo novos paradigmas. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 4, p. 43-84, 2005.
- LI, Qinyuan et al. Morphological Identification of Actinobacteria. **Actinobacteria - Basics and Biotechnological Applications**, [s.l.], p.59-86, 2016.
- LIMA, J. V. L., PINHEIRO, M. S., FIÚZA, L. M. C. G., MARTINS, S. C. S., MARTINS, C. M. Populações microbianas cultiváveis do solo e serrapilheira de uma unidade de conservação no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, p. 2300-2316, 2014.
- LIMA, S. M. A. **Avaliação das atividades antimicrobiana e citotóxica de metabólitos secundários produzidos pela Actinobactéria ACTMS –9H isolada da rizosfera de *Paullini cupana* Kunth**. 2013. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) –Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- MAHAJAN, G. B.; BALACHANDRAN, L. Antibacterial agents from actinomycetes – A review. **Frontiers in Bioscience**, v.1, n.4, p. 240-253, 2012.
- MALVIYA, M. K.; PANDEY, A.; SHARMA, A.; TIWARI, S. C. Characterization and identification of actinomycetes isolated from fired plots under shifting cultivation in northeast Himalaya, India. **Annals of Microbiology**, v.63, n.2, p. 561-56, 2013.
- MARTINS, S. C. M. et al. Effect of the rest on the recovery of a soil under caatinga of the Brazilian semiarid. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 2194-2204, 2014.
- MERZAEVA, O. V.; SHIROKIKH I. G. Colonization of plant rhizosphere by actinomycetes of different genera. **Microbiology**, v.75, p.226–230, 2006.
- MITCHELL, Ruth J. et al. Is vegetation composition or soil chemistry the best predictor of the soil microbial community? **Plant and Soil**, [s.l.], v. 333, n. 1-2, p.417-430, 2010.
- MIYADOH, S. **Atlas of Actinomycetes**. The Society for Actinomycetes Japan. Japan: Asakura Publishing Co., Ltd., 1997.
- MOREIRA, F., SIQUEIRA, J. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª Ed. Atual ampliada. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brazil, 2006; p.729.
- MUMMEY, D. L.; STAHL, P. D.; BUYER, J. S. Soil microbiological properties 20 years after surface mine reclamation: spatial analysis of reclaimed and undisturbed sites. **Soil Biology and Biochemistry**, [s.l.], v. 34, n. 11, p.1717-1725, 2002.
- NAIK, B. S.; SHASHIKALA, J.; KRISHNAMURTHY, Y. I. Study on the diversity of endophytic communities from rice (*Oryza sativa* L.) and their antagonistic activities in vitro. **Microbiological Research**, [s.l.], v. 164, n. 3, p.290-296, 2009.

NAWAZ, K.; HUSSAIN, K.; CHOUDARY, N.; MAJEED, A. Eco-friendly role of biodegradation against agricultural pesticides hazards. **African Journal of Microbiology Research**, vol 5, p. 177–183, 2011.

NEWMAN, D. J.; CRAGG, G. M. Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. **Journal of Natural Products**, [s.l.], v. 70, n. 3, p.461-477, 2007.

OLIVEIRA, M. F. **Prospecção de actinomicetos endofíticos de tomateiro com produção de metabólitos bioativos e sua otimização**. 2009. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

OLIVEIRA, A. P. G. et al. Importância das actinobactérias em processos ecológicos, industriais e econômicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18; p. 3938-3952, 2014.

OLIVEIRA, S.S. Microbiologia do Solo: microrganismos e interações. **Web Artigos**. Disponível em < <https://www.webartigos.com/artigos/microbiologia-do-solo-microrganismos-e-interacoes/27915>>. Acesso: 24 nov. 2017.

OSKAY, A. M.; USAME, T.; CEM, A. Antibacterial activity of some actinomycetes isolated from farming soils of Turkey. **African Journal of Biotechnology**, v. 3, n. 9, p. 441-446, 2004.

PACHECO, A. P. et al. Desertificação: contextualização e sensoriamento remoto. **Estudos Geológicos**, v. 24, p. 2, 2014.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. A Transdisciplinaridade da Desertificação. **Geografia Londrina**, v.15, p. 5-34, 2006.

PEREIRA, J. C. et al. Dinâmica das populações bacterianas em solos de cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 801–811, 1999.

PHILIP, C.; SHRIVASTAVA, A. K.; RAJAK, R. C. Biochemical and morphological diversity of actinomycetes isolate from gelatin factory, Jabalpur (MP). **Environment & Ecology**, v.30, n.1, p. 201-205, 2012.

PINHEIRO, M. S. et al. Isolation and screening of rhizobial strains native from semiarid tolerant to environmental stress. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 2071-2014, 2014.

PRESCOTT, Cindy E.; GRAYSTON, Sue J. Tree species influence on microbial communities in litter and soil: Current knowledge and research needs. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 309, p.19-27, 2013.

PRIYADHARSINI, P; DHANASEKARAN, D. Diversity of soil Allelopathic Actinobacteria in Tiruchirappalli district, Tamilnadu, India. **Journal of The Saudi Society of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.54-60, 2015.

QIN, S. et al. Isolation, Diversity, and Antimicrobial Activity of Rare Actinobacteria from Medicinal Plants of Tropical Rain Forests in Xishuangbanna, China. **Applied and Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 75, n. 19, p.6176-6186, 2009.

RANJANI, A.; DHANASEKARAN, D.; GOPINATH, M. An Introduction to Actinobacteria. **Actinobacteria - Basics and Biotechnological Applications**, [s.l.], p.3-37, 2016.

REBER, H.H. Simultaneous estimates of the diversity and the degradative capability of heavy-metal-affected soil bacterial communities. **Biology and Fertility of Soils**, v.13, p.181-186, 1992.

SADEGHI, A.; KARIMI, E.; DAHAZI, P. A.; JAVID, M. G.; DALVAND, Y.; ASKARI, H. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil condition. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, n.4, p. 1503-1509, 2012.

SEMÊDO, L. T. A. S, LINHARES, A. A, GOMES, R. C, MANFIO, G. P, ALVIANO, C.S, LINHARES, L. F, COELHO, R. R. Isolation and characterization of actinomycetes from Brazilian tropical soils. **Microbiological Research**, v.155, p. 291-299, 2001.

SERVIN, J. A. et al. Evidence excluding the root of the tree of life from the actinobacteria. **Molecular Biology and Evolution**, [s.l.], v. 25, n. 1, p.1-4, 2007.

SHARMA, S. C. V.; DAVID, E. A comparative study on selected marine actinomycetes from Pulicat, Muttukadu, and Ennore estuaries. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, p. 1827-1834, 2012.

SHARMA, M. Actinomycetes: Source, identification, and their applications. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**. v.3, n.2, p. 801- 832, 2014.

SILVA, M. S. **Identificação de actinobactérias em solos de cerrado mineiro durante estação de baixa pluviosidade**. 2012. [Dissertação de Mestrado em Microbiologia Agrícola – UFLA]. Lavras, 2012.

SILVA, K.; CASSETARI, A. S.; LIMA, A. S.; BRANDT, E.; PINNOCK, E.; VANDAMMEC, P.; MOREIRA, F. M. S. Diazotrophic *Burkholderia* species isolated, from the Amazon region exhibit phenotypical, functional and genetic diversity. **Systematic and Applied Microbiology**, v.35, p.253-262, 2012.

SILVA, M. E. et al. Brazilian Cerrado Soil Actinobacteria Ecology. **BioMed Research International**, p. 1-10, 2013.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília-DF, 2006.

SILVA, V. M. A. et al. Effect of irrigation and type of cultivation on richness and diversity of chromogenic actinobacteria of soil from Ceará semiarid region. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 2965-2979, 2015.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 2007.

STROBEL, G. et al. Natural products from endophytic microorganisms. **Journal of Natural Products**, [s.l.], v. 67, n. 2, p.257-268, 2004.

TCHINDA, R. A. M. et al.; Morphological, physiological, and taxonomic characterization of actinobacterial isolates living as endophytes of cacao pods and cacao seeds. **Microbes and Environments**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.56-62, 2016.

UNAOGU, I. C.; GUGNANI, H. C.; LACEY, J. Occurrence of thermophilic actinomycetes in natural substrates in Nigeria. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 1-5, 1994.

UREN, N. C. **The rhizosphere: Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface**. New York: Marcel Dekker, p. 1-21, 2007.

VELAYUDHAM, S.; MURUNGAN, K. Diversity and antibacterial screening of actinomycetes from javadi hill forest soil, Tamilnadu, India. **Journal of Microbiology Research**. v. 2, n.2, p. 41- 46, 2012.

VENKATA, B. G., SINGARA, M.A. Characterization of antibacterial compounds produced by the actinomycetes using NMR spectral analysis. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, vol 4, p. 25–35, 2013.

VINHAL-FREITAS, I. C. et al. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 757-764, 2010.

WHITMAN, W., GOODFELLOW, M., KÄMPFER, P., BUSSE, H. J., TRUJILLO, M., LUDWIG, W., SUZUKI, K. **Bergey's manual of systematic bacteriology**, v. 5: the Actinobacteria. New York: Springer, 2012.

ZAGO, V. C. P.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. *Pseudomonas fluorescentes* associadas à cultura de couve: influência da adubação. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, 2011.

ZANELLA, M. E. Considerations on climate and water resources of the Northeastern semi-arid. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 36, p. 126-142, 2014.