



DIVERSIDADE CULTURAL DE CEPAS DE ACTINOBACTÉRIAS ORIUNDAS DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO

Franciandro Dantas dos Santos¹, Mariane Pereira Oliveira², Valéria Maria Araújo Silva³, Suzana Cláudia Silveira Martins⁴, Claudia Miranda Martins⁵

1. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais na Universidade Federal do Ceará-Campus do Pici, Fortaleza-CE, Brasil.
androsantos@gmail.com
2. Graduanda do Curso de Bacharelado em Agronomia na Universidade Federal do Ceará-Campus do Pici, Fortaleza-CE, Brasil.
3. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais na Universidade Federal do Ceará-Campus do Pici, Fortaleza-CE, Brasil.
4. Docente na Universidade Federal do Ceará-Campus do Pici, Fortaleza-CE, Brasil.
5. Docente na Universidade Federal do Ceará-Campus do Pici, Fortaleza-CE, Brasil.

Recebido em: 06/04/2019 – Aprovado em: 10/06/2019 – Publicado em: 30/06/2019
DOI: 10.18677/EnciBio_2019A142

RESUMO

Desertos são ambientes extremos caracterizados por condições adversas. No Brasil, as áreas mais susceptíveis à desertificação se localizam na região do semiárido nordestino e, diversas pesquisas estão demonstrando a importância de actinobactérias em serviços ecossistêmicos no semiárido. Em actinobactérias típicas, o micélio pode ser dividido em aéreo e reverso. A observação das cores desses micélios é um dos primeiros métodos utilizados para a distinção de isolados e considerados um parâmetro fundamental para a identificação desses microorganismos. Considerando-se a relevância de actinobactérias na região semiárida, objetivou-se comparar a diversidade cultural desse grupo microbiano em três áreas susceptíveis à desertificação, classificadas de acordo com o nível de cobertura vegetal. A diversidade cultural foi observada nas três áreas, sendo mais expressiva na área intermediária.

PALVRAS-CHAVE: Cobertura vegetal, Semiárido, serviços ecossistêmicos,

CULTURAL DIVERSITY OF ACTINOBACTERIA STRAINS OF AREAS SUSCEPTIBLE TO DESERTIFICATION

ABSTRACT

Deserts are extreme environments characterized by adverse conditions. In Brazil, the areas most susceptible to desertification are located in the northeastern semiarid region, and several researches are demonstrating the importance of actinobacteria in ecosystem services in the semiarid region. In typical actinobacteria, the mycelium can be divided into aerial and reverse. Color observation of these mycelia is one of the first methods used to distinguish isolates and is considered a key parameter for the identification of these microorganisms. Considering the relevance of actinobacteria in the semiarid region, the objective was to compare the cultural

diversity of this microbial group in three areas susceptible to desertification, classified according to the level of vegetation cover. Cultural diversity was observed in the three areas, being more expressive in the intermediate area.

KEYWORDS: Semiárido, Ecosystem Services, vegetation cover.

INTRODUÇÃO

A desertificação é um problema de dimensões globais que afeta as regiões de clima árido, semiárido e subúmido seco da Terra (BRASIL, 2006). No Brasil, as áreas mais susceptíveis à desertificação se localizam na região do semiárido nordestino (INSA, 2012), onde 94% da área é considerada com moderada à alta suscetibilidade à desertificação (VIEIRA et al., 2015).

Desertos são ambientes extremos caracterizados por condições adversas, tais como aridez, intensa radiação solar UV e mudanças bruscas de temperatura entre a noite e o dia (JÚLIA et al., 2016). Além disso, os desertos apresentam oligotrofia crônica, ou seja, a vegetação vascular esporádica e as crostas microbiológicas desempenham papéis cruciais na produção primária deste ecossistema (HAWKES; FLECHTNER, 2002). Esse tipo de vegetação, bem como as crostas microbiológicas auxiliam na emolduração e estruturação da comunidade bacteriana do micro ecossistema desses solos (SUN et al., 2015).

Ambientes desérticos são típicos de ecossistemas hostis, cuja disponibilidade de água afeta diretamente os organismos. Assim sendo, micro-organismos xerofílicos, adaptados a elevadas temperaturas e altos níveis de radiação, são as populações provavelmente predominantes nesses ecossistemas, incluindo filos como *Actinobacteria*, *Proteobacteria* e *Bacteroidetes*, geralmente resistentes à radiação e dissecação (VIKRAM et al., 2016).

Diversas pesquisas apontam a ocorrência de actinobactérias em solo da região semiárida (BRITO et al., 2015; SILVA et al., 2015; ALVES et al., 2016; LOPES et al., 2018; MEDEIROS et al., 2018; SOUSA et al., 2018). Além disso, estudos com destaque para a produção de enzimas que auxiliam na facilitação, processo ecológico que desempenha importante papel em ambientes degradados, também já foram documentados nesse ambiente (SILVA et al., 2019). Por outro lado, interações antagônicas entre actinobactérias e rizóbios oriundos do semiárido, que podem impactar diretamente na fixação biológica de nitrogênio, foram descritas por Lima et al., (2017) e Cavalcante et al., (2017).

Actinobactérias são caracterizadas como aeróbias ou microaerófilas, (EMBLEY; STACKEBRANT, 1994); são Gram-positivas com elevada concentração de guanina e citosina no DNA (RAO et al., 2012). São abundantes na natureza e dispersas em diversos ambientes, sendo o solo seu *hábitat* principal (MANSOUR et al., 2015) onde são importantes componentes da comunidade microbiana, desempenhando funções como fixação de amônio, decomposição de tecido celular e síntese do húmus (BHATTI et al., 2017).

Em actinobactérias típicas, o micélio pode ser dividido em aéreo e reverso. (LI et al., 2016), esses micélios são filamentosos e possuem hifas aéreas, cuja principal função é a absorção de nutrientes para o crescimento desses micro-organismos (BHATTI et al., 2017). A observação das cores do micélio aéreo e lado reverso (produção de pigmentos) é um dos primeiros métodos usados para a distinção de isolados e são considerados aspectos fundamentais para a identificação de actinobactérias (MABROUK, SALEH, 2014, AMSAVENI et al., 2015).

Considerando-se a variedade de actinobactérias na região semiárida, objetivou-se comparar a diversidade cultural desses micro-organismos em três áreas

suscetíveis à desertificação, classificadas de acordo com o nível de cobertura vegetal. Salienta-se ainda que essa heterogeneidade de culturas foi registrada através de imagens, de forma a colaborar nos estudos desse grupo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As amostras de solo foram provenientes de áreas suscetíveis à desertificação com diferentes níveis de cobertura vegetal (área aberta, intermediária e conservada). Esse local representa uma mancha inserida na microrregião do Médio Jaguaribe e localizada entre os municípios de Jaguaribe, Jaguaratama e Morada Nova, totalizando uma área de 3239.40 km². O clima dessa região é caracterizado como quente e seco, com precipitações médias de aproximadamente 800 mm, por ano. Apresenta um período seco frequentemente caracterizado pela falta de chuvas, temperaturas médias anuais entre 23 e 27 °C e insolação média de 2.800 h ano⁻¹ (SUDENE, 2019). Todas as amostras foram gentilmente cedidas pelo projeto *Desert* (Evolução da perda de biodiversidade em áreas sob processos de degradação), chamada de Projetos MEC/MCTI/CAPES/CNPq/FAPs N° 03/2014.

Actinobactérias

Foram selecionadas 24 cepas (08 de cada área) a partir de 47 isoladas do solo do Médio Jaguaribe, tendo como principal requisito a diversidade quanto ao aspecto cultural. As cepas foram previamente codificadas como “MJ”, indicativo de Médio Jaguaribe, seguido pelo número (MJ01-MJ47). As cepas de actinobactérias selecionadas foram: MJ-01, MJ-06, MJ-10, MJ-14, MJ-29, MJ-32, MJ-33, MJ-36 (área aberta), MJ-02, MJ-03, MJ-07, MJ-08, MJ-18, MJ-19, MJ-37, MJ-38 (área intermediária), MJ-25, MJ-26, MJ-27, MJ-40, MJ-43, MJ-44, MJ-45 e MJ-47 (área conservada). 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 a Coleção de Cultura de Actinobactérias do Semiárido.

Cultivo das cepas

As cepas selecionadas foram inoculadas em placas de Petri em meio CDA, com a seguinte composição para 1000 mL: 0,5 g de K₂HPO₄, 0,2 g de MgSO₄.7H₂O (sulfato de magnésio), 2 g de glicose, 0,01g de FeSO₄.7H₂O (sulfato de ferro), 0,2 g de caseína (previamente dissolvida em 10 mL de NaOH 0,1N), 15 g de ágar, e 2,5 mL de nistatina (antifúngico). O pH foi ajustado para 6,5 ~ 6,6. As cepas foram posteriormente inoculadas em caldo CD e incubadas a 28 °C em mesa agitadora a 150 rpm por 14 dias. As placas foram incubadas em B.O.D. a 28 °C por 14 dias.

As actinobactérias foram também inoculadas no centro da placa com o auxílio de uma alça de platina para obter colônias com diâmetro maior a fim de facilitar o registro por meio de foto, bem como para classificar a forma das colônias. As placas foram incubadas em B.O.D. a 28 °C por 14 dias, em seguida, realizou-se o registro fotográfico.

Caracterização cultural

Cada cepa foi inoculada por estrias em placas de Petri, após purificação, contendo o meio seletivo CDA para actinobactérias. Em seguida as placas foram incubadas em estufa B.O.D a 28 ± 2 °C por um período de sete a 14 dias. Para descrição das características culturais foram avaliadas as cores do micélio aéreo e

reverso das colônias, baseada na carta de cores (RAL color charts) e o formato das colônias de acordo com Augustine et al. (2013).

Registro fotográfico

As fotos foram realizadas com as placas abertas em câmara de fluxo laminar, para dar um melhor contraste, com plano de fundo preto. As fotografias das cepas foram captadas em planos superior e inferior, para melhor visualização, enquanto, que para as colônias isoladas foi escolhido apenas o plano superior com o auxílio de uma lente micro angular (For Digital Camera & Mobile Phone LENS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diversidade cultural das cepas oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe pode ser observada pelos gráficos em forma de pizza (Figuras 1, 2, 3 e 4) e pelo registro fotográfico, que abrange imagens das placas de Petri com enfoque no micélio aéreo e em colônias isoladas (Figura 5).

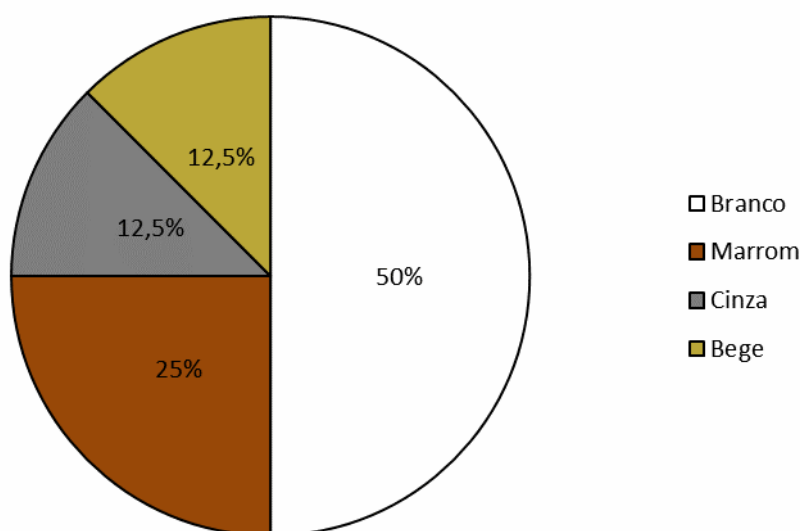


FIGURA 1: Diversidade cromogênica de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe na área aberta.

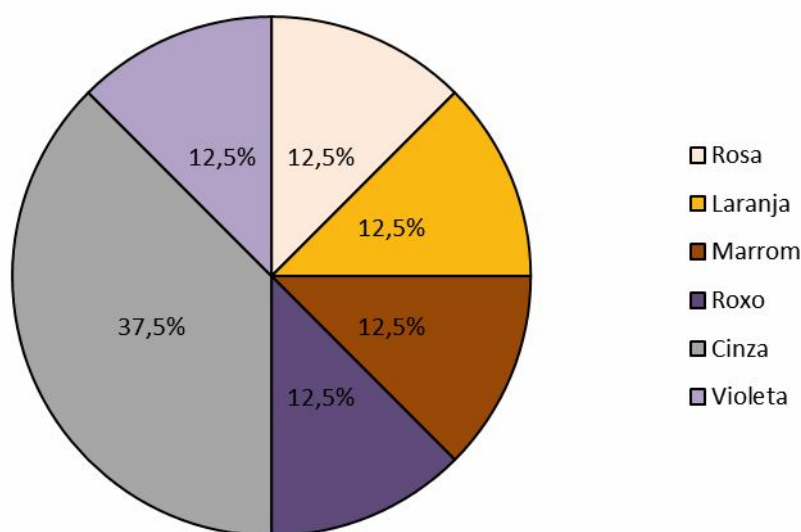


FIGURA 2: Diversidade cromogênica de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe na área intermediária.

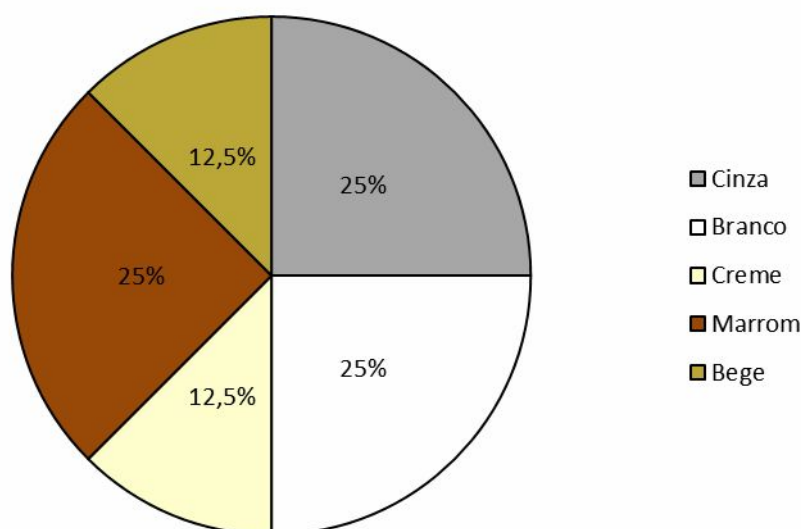


FIGURA 3: Diversidade cromogênica de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe na área conservada.

Houve diferença entre as cepas em relação à cor do micélio aéreo, demonstrando a diversidade cultural desse grupo. As actinobactérias são reconhecidas pela produção de variados pigmentos, que podem estar presentes dissolvidos no meio, ou mesmo retidos em seus micélios (AMSAVINI et al., 2015). Apesar da produção de pigmentos não ser considerada imprescindível para o crescimento microbiano, acredita-se que exerce importante função ecológica, colaborando para a sobrevivência e competitividade dos micro-organismos (SHARMA, 2014; OLIVEIRA et al., 2014).

Neste trabalho, as colorações marrom e branco foram predominantes nas áreas aberta e conservada, semelhante ao trabalho de Medeiros et al. (2018), que ao estudarem a diversidade cromogênica de actinobactérias no semiárido constataram predominância para as cores marrom e amarela. De forma similar,

Ramos et al. (2015) ao caracterizarem culturalmente cepas de actinobactérias oriundas do semiárido, observaram que a cor branca se sobressaiu em relação as demais. Por outro lado, na área intermediária a cor cinza prevaleceu, aproximando-se dos resultados obtidos por Silva et al. (2015), que, ao caracterizarem a variedade de cores das colônias de actinobactérias no semiárido, obtiveram um total de 39% para essa mesma cor.

Diante do exposto, é possível constatar diferenças culturais entre as cepas de actinobactérias nas três áreas estudadas, porém de forma mais expressiva na área intermediária. Esse fato pode ser explicado pela teoria do distúrbio intermediário, pois segundo essa hipótese, níveis intermediários de perturbações tendem a promover maior diversidade (CONNEL, 1978).

As cepas de actinobactérias apresentaram diferença em relação ao aspecto da colônia (Figura 4). O formato das colônias variou de aveludado com 37% (09 cepas), concêntrico com 25% (06 cepas), umbonado com 17% (04 cepas), sulcos radiais com 13% (03 cepas) e convexo com apenas 8% (02 cepas). (Figura 5, 6 e 7). Até o presente momento, ainda não há registros na literatura em relação a essa classificação na região semiárida brasileira, entretanto, variação similar foi constatada por Augustine et al. (2013), ao realizarem estudo com actinobactérias oriundas de ambientes marinhos provenientes da Costa Sudoeste e Sudeste da Índia.

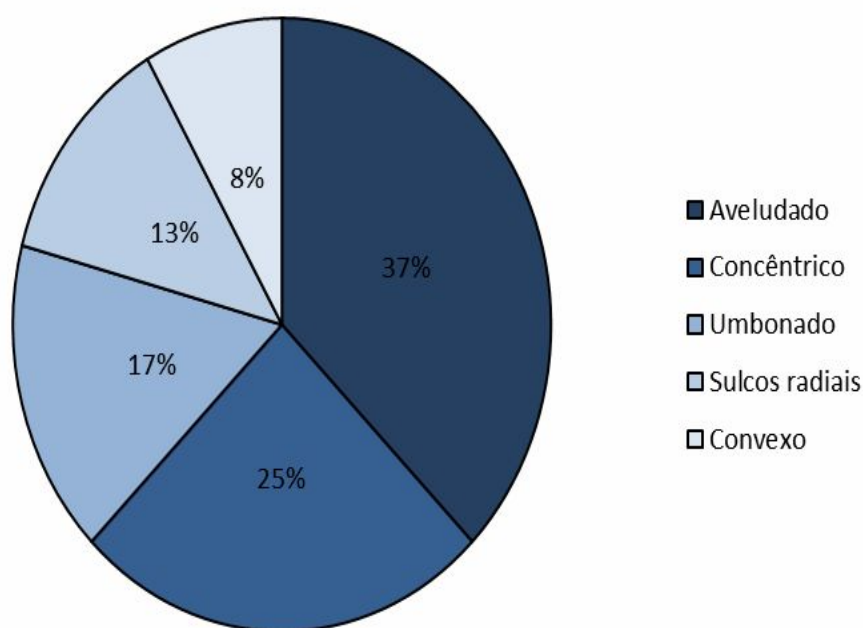


FIGURA 4: Aspectos das colônias de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe nas áreas aberta, intermediária e conservada.




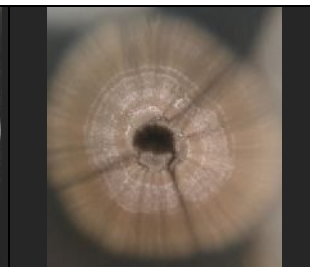



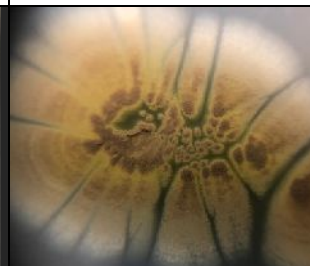








Micélio aéreo de actinobactérias da microrregião do Médio Jaguaribe-Área aberta				1
Fotos: Mariane Pereira de Oliveira (MPO)				
				
1 Foto: MPO MJ 01 – 9003 Signal White	1 MJ 01 – Aveludado	2 MJ 06 – 7008 Signal White	2 MJ 06 – Concêntrica	
				
3 MJ 10 – 9018 Papyrus White	3 MJ 10 – Concêntrica	4 MJ 14 – 8008 Olive Brown	4 MJ 14 – Umbonado	
				
5 MJ 29 – 9006 White	5 MJ 29 – Aveludado	6 MJ 32 – 1011 Brown Beige	6 MJ 32 – Aveludado	
				
7 MJ 33 – 7004 Signal Grey	7 MJ 33 – Umbonado	8 MJ 36 – 9003 Signal White	8 MJ 36 – Aveludado	

FIGURA 5: Registro fotográfico do micélio aéreo e de colônias isoladas de cepas de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe na área aberta.

Micélio aéreo de actinobactérias da microrregião do Médio Jaguaribe- Área intermediária	2
--	----------

Fotos: – Mariane Pereira de Oliveira (MPO)















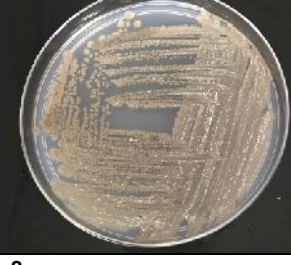

			
1 MJ 02 – 4003 Hearth Violet	1 MJ 02 – Aveludado	2 MJ 03 – 2003 Pastel Orange	2 MJ 03 – Aveludado
			
3 MJ 07 – 8017 Chocolate Brown	MJ 07 – Concêntrico	4 MJ 08 – 4002 Red Violet	4 MJ 08 – Umbonado
			
5 MJ 18 – 7008 Signal White	5 MJ 18 – Concêntrico	6 MJ 19 – 4009 Pastel Violet	6 MJ 19 – Concêntrico
			
7 MJ 37 – 7004 Silver Grey	7 MJ 37 – Convexo	8 MJ 38 – 7039 Quartz Grey	8 MJ 38 – Sulcos Radiais

FIGURA 6: Registro fotográfico do micélio aéreo e de colônias isoladas de cepas de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe na área intermediária.

Micélio aéreo de actinobactérias da microrregião do Médio Jaguaribe- Área conservada	3
---	----------

Fotos: – Mariane Pereira de Oliveira (MPO)
















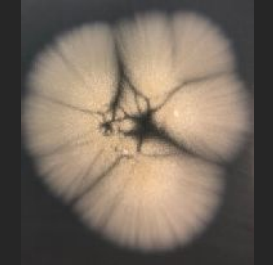
			
1 MJ 25 – 7047 Telegrey 4	1 MJ 25 – Sulcos Radiais	2 MJ 26 – 9018 Papyrus White	2 MJ 26 – Sulcos Radiais
			
3 MJ 27 – 9001 Cream	Foto: 3 MJ 27 – Aveludado	4 MJ 40 – 7047 Telegrey 4	4 MJ 40 – Concêntrico
			
5 MJ 43 – 4009 Pastel Violet	5 MJ 43 – Umbonado	6 MJ 44 – 1017 Saffron	6 MJ 44 – Aveludado
			
7 MJ 45 – 8016 Mahogany	7 MJ 45 – Convexo	8 MJ 47 – 1011 Brown Beige	8 MJ 47 – Aveludado

FIGURA 7: Registro fotográfico do micélio aéreo e de colônias isoladas de cepas de actinobactérias oriundas da microrregião do Médio Jaguaribe na área conservada.

CONCLUSÃO

A diversidade cultural entre as cepas de actinobactérias foi observada nas três áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal, porém de forma mais expressiva na área intermediária. Ademais, o formato das colônias pode ser utilizado como um parâmetro a mais para classificação cultural desse grupo. Conseqüentemente, o material produzido poderá ser utilizado como ferramenta na caracterização de novas cepas provenientes da região semiárida.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. A. S.; SILVA, V. M. A.; GARCIA, F. A. C.; MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C. M. Produção de celulase e amilase por actinobactérias do semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v.13 n.24; p.1303-1315, 2016. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1S0vMIDP3LBfOX3HvZpg0d5hzRFfBDDE2>

AMSAVENI, R.; SURESHKUMAR, M.; VIVEKANANDHAN, G.; BHUVANESHWARI, V.; KALAISELVI, M. Screening and isolation of pigment producing Actinomycetes from soil samples. **International Journal of Biosciences and Nanosciences**, v.2, p.24-28. 2015. Disponível em: < http://ijbsans.com/archives/journal15/feb15/1_MS-15-104.pdf>

AUGUSTINE, D., JACOB, J. C., RAMYA, K.; PHILIP, R. Actinobacteria from sediment samples of Arabian Sea and Bay of Bengal: biochemical and physiological characterization. **Internacional Journal of Research in Marine Sciences**. v.2, p.56-63. 2013.

BHATTI, A. A.; HAQ, S.; BHAT, R. A. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. **Microbial Pathogenesis**, v. 111, p.458-467, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>>. doi: 10.1016/j.micpath.2017.09.036.

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. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/biologicas/actinobacterias.pdf>

CAVALCANTE, F. G., MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S. Interações bióticas entre actinobactérias e rizóbios em solos da região semiárida brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v.14 n.26; p. 2017. Disponível em: < <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017b/biol/interacoes%20Bioticas.pdf>> DOI: 10.18677/EnciBio_2017B86

CONNELL, J. H. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. **Science**, v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/199/4335/1302/tab-pdf>> DOI: 10.1126/science.199.4335.1302.

EMBLEY, T. M.; STACKEBRANDT, E. The Molecular phylogeny and systematics of the Actinomycetes. **Annual Review of Microbiology**, v. 48, 1994.

HAWKES, C. V.; FLECHTNER, V. R. Biological soil crusts in a xeric Florida shrubland: composition, abundance, and spatial heterogeneity of crusts with different disturbance histories. **Microbial Ecology**. v.43, n.1 p.1-12, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00248-001-1017-5>> DOI: 10.1007/s00248-001-1017-5

INSA. Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro. Medeiros, S. de S. et al. Campina Grande, 2012. 103p.

JÚLIA, M. A.; GERGELY, K.; DÓRA, A.; KÁROLY, M.; BALÁZS, N.; ANDREA, K. B. Diversity of extremophilic bacteria in the sediment of high-altitude lakes located in the mountain desert of Ojos del Salado volcano, Dry-Andes. **Extremophiles** v.20, 603–620, 2016. Disponível em: < <https://sci-hub.tw/10.1007/s00792-016-0849-3>> DOI: 10.1007/s00792-016-0849-3

LI, Q.; CHEN, X.; JIANG, Y.; CHENGLIN, J. Morphological Identification of Actinobacteria. Actinobacteria - **Basics and Biotechnological Applications**, [s.l.], p.59-86, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5772/61461>>. DOI: 10.5772/61461.

LIMA, J. V. L.; MARTINS, S. C. S; SIQUEIRA, K. A.; SOARES, M.; MARTINS, C. M. Characterization of actinobacteria from the semiarid region, and their antagonistic effect on strains of rhizobia. **African Journal of Biotechnology**. v.16, p.499-507, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5897/AJB2016.15724>> DOI: 10.5897/AJB2016.15724

LOPES, J. B. A. C., SILVA, V. M. A., CAVALCANTE, F. G., MARTINS, S. C. S., MARTINS, C. M. Produção de enzimas hidrolíticas extracelulares por actinobactérias oriundas do solo e serrapilheira de região semiárida. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 35-50, 2018. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/biol/producao.pdf>> DOI: 10.18677/EnciBio_2018A93.

MABROUK, M. I.; SALEH, N. M. Molecular identification and characterization of antimicrobial active actinomycetes strains from some Egyptian soils. **American Eurasian Journal Agriculture & Environment Science**, v.14, p.954-963. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Neveen_Saleh/publication/281349> DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2014.14.10.8641

MANSOUR, S. R.; ABDEL-AZEEM, A. M.; ABO-DERAZ, S. S. S. A new record of Actinobacteria isolated from soil in Jerusalem and their enzymatic potential. **F1000Research**, v.4.2015. Disponível em: <<https://f1000research.com/articles/4-11>> DOI

MEDEIROS, E. J. T.; CAVALCANTE, F. G.; SILVA, V. M. A.; SILVEIRA, S. C.; MARTINS, C. M. Diversidade cultural de cepas de actinobactérias do semiárido.

Enciclopédia Biosfera, v.15, p.205-218. 2018. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/biol/diversidade.pdf>> DOI: 10.18677/EnciBio_2018A87

OLIVEIRA, A. P. G.; SABINO, S. M.; GANDINE, S. M.; MOULIN, T.; AMARAL, A. A. Importância das actinobactérias em processos ecológicos, industriais e econômicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18; p.3938-3952, 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/MULTIDISCIPLINAR/importancia.pdf>

RAO, K. R., KIRAN, C. R., RAO, D. B., MADHAVI, Y., RAO, P. K., & RAO, T. R. Antagonistic activities of actinobacteria from mangrove sediment. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.4, n.1, 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/270865687>>

RAMOS, K. A.; BRITO, F. A. E.; NUNES, K. J. F.; MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C.S. Caracterização e diversidade cromogênica de actinobactérias de um nicho microbiano preservado do bioma caatinga. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p.2115-2125, 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/biologicas/caracterizacao%20e%20diversidade.pdf>>

SHARMA, M. Actinomycetes: Source, identification, and their applications. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**. v.3, n.2, p.801-832, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/292100429_Actinomycetes_Source_identification_and_their_applications>

SILVA, V. M. A.; LIMA, J. V. L; GONDIM, P. M.; MARTINS, C. M; SUZANA, C. S. M. 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. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316278948_Characterization_of_actinobacteria_from_the_semiarid_region_and_their_antagonistic_effect_on_strains_of_rhizobia>

SILVA, V. M. A; MARTINS, C. M.; CAVALCANTE, F. G.; RAMOS, K. A.; SILVA, L. L. et al. *Cross-Feeding Among Soil Bacterial Populations: Selection and Characterization of Potential Bio-inoculants*. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n, 5. 2019 (no prelo). URL: <https://doi.org/10.5539/>

SOUSA, J. B; LIRA, I. C; MARTINS, S. C. S; MARTINS, C. M. Efeito da antropização sobre a produção da enzima xilanase em actinobactérias. **Enciclopédia Biosfera**, v.15 n.28; p. 2018. DOI: 10.18677/EnciBio_2018B84

SUDENE.<<http://www.sudene.gov.br/acesso-a-informa%C3%A7%C3%A3o/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/semiarido>> Acesso em: 28/03/2019.

SUN, H. M.; ZHANG, T.; YU, L. Y.; KEYA, S.; ZHANG, Y. Q. Ubiquity, diversity and physiological characteristics of Geodermatophilaceae

in Shapotou National Desert Ecological Reserve. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 1059, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01059>>

VIEIRA, R. D. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFFONSO, A. G., et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v.6, n.1, p.347-360, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.5194/se-6-347-2015>>

VIKRAM, S.; GUERRERO, L. D.; MAKHALANYANE, T. P.; LE, P. T.; SEELY, M.; COWAN, D. A. Metagenomic analysis provides insights into functional capacity in a hyperarid desert soil niche community. **Environmental Microbiology**. v.18, n.6, p.1875-1888, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1462-2920.13088>>