

Bactérias tolerantes a metais

Metal – tolerant bacteria

Bactérias tolerantes a metais

Recebido: 06/05/2021 | Revisado: 15/05/2021 | Aceito: 17/05/2021 | Publicado: 04/06/2021

Venine Prado Saêta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3959-9279>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: veninesaeta@hotmail.com

Aline Rodrigues Gama

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2167-3872>
Centro Universitário Alfredo Nasser, Brasil
E-mail: alinerodriguesgama15@gmail.com

Thais Reis Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4979-8653>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: thaisreisoliveira@hotmail.com

Patricia Thieme Onofri Saiki

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7570-6388>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: ptosaiki@gmail.com

Thiago Lopes Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0551-6842>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: thiagorochabio20@gmail.com

Lilian Carla Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4067-1506>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: carlacarneirililian@gmail.com

Resumo

Os metais pesados se encontram amplamente distribuídos no meio ambiente, podendo ser advindos de origens naturais, industriais, agrícolas e outras fontes. O acúmulo desses metais em corpos hídricos está relacionado a diversas questões ambientais, sobretudo a respeito da qualidade da água para consumo. Sendo assim, o objetivo geral desse estudo foi isolar, identificar e caracterizar bactérias tolerantes aos metais níquel e cobalto presentes em amostras de água bruta e no sedimento do Rio Traíras - Niquelândia (GO). Foram obtidos 68 isolados bacterianos, sendo estes submetidos ao método de microdiluição para determinar a concentração inibitória mínima (CIM). Com base nos resultados encontrados, foram selecionados 12 isolados bacterianos, que apresentaram maior e menor tolerância, sendo estes classificados de acordo com suas características microscópicas e tintoriais. De acordo com os resultados observou-se a tolerância das bactérias isoladas a altas concentrações dos metais, sugerindo seu uso como ferramenta biotecnológica para a remediação de áreas contaminadas.

Palavras-chave: Níquel; Cobalto; Biorremediação; Microrganismos; Toxicidade.

Abstract

Heavy metals are widely distributed in the environment, and may can find natural, industrial, agricultural and other origins. The accumulation of these metals in water bodies is related to several environmental issues, especially regarding the quality of drinking water. Therefore, the general objective of this study was to isolate, identify and characterize bacteria tolerant to nickel and cobalt metals present in raw water samples and in the sediment of the Rio Traíras - Niquelândia (GO). A total of 68 bacterial isolates were obtained, which were submitted to the microdilution method to determine the minimum inhibitory concentration (MIC). Based on the results found, 12 bacterial choices were chosen, which internationally higher and lower tolerance, being classified according to their microscopic and tinting characteristics. According the results obtained, it is possible to observe the tolerance of isolated bacteria to high concentrations of metals, suggesting its use as a biotechnological tool for the remediation of contaminated areas.

Keywords: Nickel; Cobalto; Bioremediation; Microorganisms; Toxicity.

Resumen

Los metales pesados están ampliamente distribuidos en el medio ambiente y pueden provenir de fuentes naturales, industriales, agrícolas y otras. La acumulación de estos metales en los cuerpos de agua está relacionada con varios problemas ambientales, especialmente en lo que respecta a la calidad del agua potable. Así, el objetivo general de este

estudio fue aislar, identificar y caracterizar bacterias tolerantes a los metales níquel y cobalto presentes en muestras de agua cruda y en el sedimento del Río Traíras - Niquelândia (GO). Se obtuvieron 68 aislamientos bacterianos, los cuales fueron sometidos al método de microdilución para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI). Con base en los resultados encontrados, se seleccionaron 12 aislamientos bacterianos, que presentaron mayor y menor tolerancia, y estos se clasificaron según sus características microscópicas y colorantes. De acuerdo con los resultados, se observó la tolerancia de bacterias aisladas a altas concentraciones de metales, lo que sugiere su uso como herramienta biotecnológica para la remediación de áreas contaminadas.

Palabras clave: Níquel; Cobalto; Biorremediación; Microorganismos; Toxicidad.

1. Introdução

O avanço da contaminação ambiental por metais potencialmente tóxicos advém, sobretudo, do desenvolvimento industrial através do descarte de resíduos e efluentes contaminados. Esses metais podem acumular na água, sedimento e solos (Bravo, 2018). Ao contaminar alimentos que são ingeridos, os produtos tóxicos geram diversos danos à saúde humana, como o desenvolvimento de patologias do sistema nervoso, endócrino, rins e fígado (Teixeira et al., 2020).

Segundo Frois e Pereira (2020), o termo “metais pesados” refere-se a compostos altamente reativos e bioacumuláveis, sendo estes dispostos quimicamente na tabela periódica entre o cobre e o chumbo, variando o peso atômico entre 63,546 e 200,590 e apresentando densidade superior a 4,0 g/cm.

Os metais tóxicos se encontram distribuídos em diferentes ambientes. Entre esses, se destacam os metais de origem natural, que se apresentam como material de processos geológicos ou afloramentos rochosos. A composição e concentração dos metais estão relacionadas ao tipo de rocha e condições ambientais, sendo que os materiais geológicos tendem a apresentar elevadas concentrações de cromo, manganês, cobalto, níquel, cobre, zinco, cádmio, selênio, chumbo e mercúrio (Souza et al., 2018).

O níquel e o cobalto se destacam como dois minerais metálicos semelhantes em relação a sua ocorrência e aplicação em geral, ambos considerados metais de transição. Sendo que o níquel apresenta número atômico 28 e pode ser encontrado abundantemente na crosta continental. Por outro lado, o cobalto apresenta número atômico 27 e se encontra na natureza, associado a outros metais como níquel e platinoides. Devido aos avanços tecnológicos, esses dois metais vêm apresentando um papel estratégico no cenário mundial, sobretudo na indústria de aço e eletrônicos (Fonte-Boa, 2018).

Devido à alta lucratividade, diversos municípios brasileiros fazem uso da exploração mineral, como componente da sua estrutura econômica. Contudo, a mineração gera uma grande quantidade de resíduos que necessita de tratamento apropriado para minimizar os danos dessa atividade ao meio ambiente (De Carvalho et al., 2017). Entre esses municípios se encontra a cidade de Niquelândia, localizada na microrregião de Porangatu, ao norte do estado de Goiás. A cidade recebeu seu nome atual no ano de 1943, devido à descoberta em seu território, da maior jazida de níquel do mundo. Este município é banhado por uma rede hidrográfica com mais de 100 córregos e mananciais e dois grandes rios: Traíras e Maranhão (Silva, 2019).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente do Brasil (CONAMA), por meio da resolução nº 357, de 17 de março de 2005, estabeleceu um conjunto de parâmetros de qualidade da água. A resolução classifica os corpos de água em quatro classes. A classe 1 refere-se a águas destinadas para consumo humano, após tratamento simplificado, preservação dos ambientes e comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas e proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

A classe 2 pode ser destinada ao consumo humano, após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, aquicultura e a atividade de pesca. A classe 3 pode ser utilizada para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas,

cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e a dessedentação de animais. Por fim, a classe 4 pode ser destinada para a navegação e harmonia paisagística.

De acordo com Silva e colaboradores (2018), a ação antrópica em relação ao ecossistema aquático possibilita que os metais sejam encontrados no sedimento. A deposição dos sedimentos é um processo complexo associado a diferentes fatores, sendo que o transporte e sedimentação de material particulado nos corpos hídricos dependem da origem do material, da cobertura vegetal, da declividade do escoamento e do regime de chuvas. Quando contaminados, os sedimentos podem ocasionar diversos danos ao ecossistema aquático, atuando na sua degradação. Sendo um grave problema a ser solucionado para a preservação dos recursos hídricos (De Araujo et al., 2020; Reis et al., 2020).

Devido à necessidade de prevenir a contaminação do subsolo e das águas subterrâneas, a resolução n° 420, publicada em 2019 pelo CONAMA, dispõe sobre critérios e valores para qualidade do solo em relação à presença de substâncias químicas. Consta na resolução, o procedimento para estabelecer os valores de referência de qualidade (VQRs) do solo, para gerenciamento ambiental das áreas contaminadas, em decorrência de atividades antrópicas.

Além dessa publicação, a resolução n° 454 determina as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas situadas no território brasileiro. Para caracterização química do material que se pretende dragar, devem-se determinar as concentrações das substâncias poluentes contidas na fração total da amostra e para a realização da amostragem de sedimento, a distribuição espacial das amostras deve ser representativa à dimensão da área e do volume a ser dragado (CONAMA, 2012).

As diretrizes determinadas pela legislação ambiental brasileira a respeito da qualidade da água e sedimento auxiliam na minimização dos impactos ocasionados pelos metais aos ecossistemas aquáticos, estabelecendo níveis aceitáveis para substâncias químicas (De Matos et al, 2019).

Em busca de tecnologias sustentáveis, estudos vêm buscando minimizar ou remover resíduos químicos do meio ambiente, através da biorremediação que se trata de um processo desenvolvido através da biotecnologia, no qual se emprega microrganismos de uma ou diferentes classes, como alternativa as técnicas físico-químicas ou químicas, comumente utilizadas para descontaminação dos ambientes (De Souza et al, 2021).

Uma grande variedade de microrganismos demonstra resistência a metais na água, solo e resíduos industriais. Alguns metais como cobalto e níquel são utilizados como micronutrientes e atuam no processo redox. Sendo que as bactérias apresentam diferentes mecanismos de resistência que lhes conferem tolerância a metais tóxicos, como: exclusão por barreiras de permeabilidade, sequestro intracelular e extracelular, transporte ativo dos metais para fora da célula através de bombas de efluxo, desintoxicação enzimática do metal para formas menos tóxicas e redução da sensibilidade ao metal nos alvos celulares (Bruins et al., 2000).

O conhecimento acerca desses microrganismos e sobre seus mecanismos de resistência, despertam grande interesse na comunidade científica devido à possibilidade de seu uso na descontaminação por resíduos orgânicos e inorgânicos, presentes no meio ambiente. Para esse fim, são utilizadas metodologias que buscam o isolamento e seleção dessas bactérias, a fim de descobrir novas espécies que possam apresentar potencial biotecnológico (Teles, 2017).

De modo, denota-se a importância de novos estudos em busca de analisar e selecionar bactérias tolerantes a metais potencialmente tóxicos, visando sua possível aplicação para a biorremediação de áreas contaminadas.

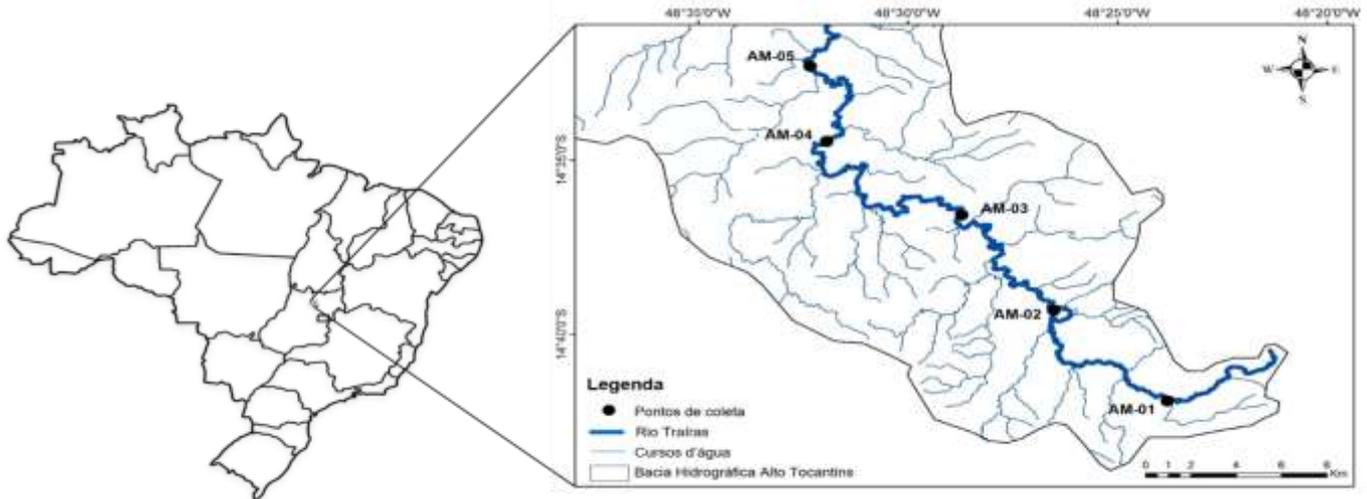
Este trabalho teve como objetivos principais: isolar, identificar e caracterizar bactérias tolerantes aos metais níquel e cobalto, presentes em amostras de água bruta e no sedimento do Rio Traíras– Niquelândia (GO).

2. Metodologia

Coleta das amostras de água bruta e sedimento

As amostras de água e sedimento foram coletadas no Rio Traíras, localizado na Reserva Legados Verdes do Cerrado, na cidade de Niquelândia (GO), a coleta e preservação das amostras seguiram o Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (Brandão et al., 2011). Foram realizadas coletas em cinco pontos ao longo do rio, em três períodos diferentes (Figura 1).

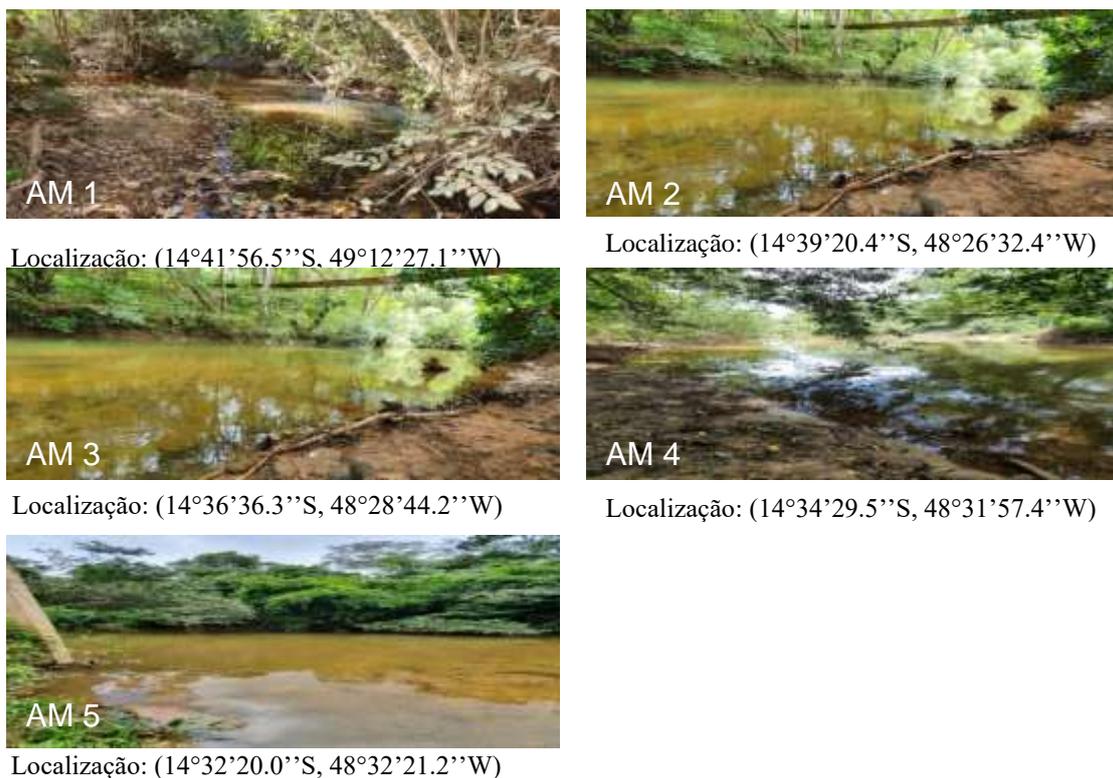
Figura 1. Localização dos pontos amostrados no Rio Traíras - Goiás.



Fonte: Autores.

As datas das coletas foram selecionadas de acordo com as diferentes estações do ano, sendo respectivamente: 30/07/2019, 15/10/2019 e 31/01/2020. Com o início da pandemia, cessaram-se as coletas. A área de estudo referente aos pontos amostrais e suas coordenadas geográficas se encontram dispostos na Figura 2.

Figura 2. Representação fotográfica dos pontos amostrais AM1 – AM5.



Fonte: Autores.

Processamento das amostras e isolamento bacteriano

As amostras de água bruta foram homogeneizadas, retirou-se uma alíquota de 1 mL e semeou no meio de cultura Ágar R-2. As placas foram incubadas por 48 horas em estufa bacteriológica a 30 °C.

Para as amostras de sedimentos de cada ponto, foram colocadas 20 g de amostra em 200 mL de solução Tween a 0,5% e incubou-se em shaker por 1 hora a 30 °C. Posteriormente, retirou-se 1 mL da mistura e semeou-se em meio Ágar R-2. Posteriormente, incubou-se por 48 horas em estufa bacteriológica a 30°C.

Após o crescimento bacteriano, foram escolhidas colônias morfológicamente diferentes. Sendo selecionado um total de 68 isolados para sedimento e água bruta. A obtenção de colônias puras ocorreu por meio da técnica de esgotamento de alça. As placas foram incubadas por 48 horas em estufa bacteriológica a 30 °C. Em seguida, as amostras foram armazenadas em tubos contendo glicerol a 20% em meio BHI (Brain Heart Infusion) a - 4 °C.

Concentração mínima inibitória (CIM)

O método de microdiluição foi utilizado para determinar a concentração inibitória mínima (CIM), conforme descrito por Bona et al.(2014), com modificações. Os metais escolhidos foram níquel e cobalto, pois devido à prática da mineração, há predominância desses metais no rio Traíras. As bactérias foram recuperadas em caldo BHI e incubadas a 30°C durante 24 horas. Em placas de microdiluição, foram adicionados em cada poço, 1 mL do caldo BHI e 1 mL dos metais, nas respectivas concentrações: Níquel 1,6 M e 0,13M; Cobalto 6,4 M e 0,53 M.

Após homogeneização, foram retirados 100 µL do poço 1 para o poço 2 (diluição seriada) e assim sucessivamente até o final da coluna. Em seguida, foram acrescidos a cada poço 100 µL das suspensões bacterianas e incubou-se a 30° C por 24 horas. Depois desse período, foram retiradas alíquotas de 10 µL de cada poço e inoculadas em ágar nutriente a 30° C por 24 horas. As placas foram analisadas em relação ao crescimento bacteriano.

Seleção e identificação bacteriana

A seleção dos isolados bacterianos foi realizada com base nos resultados de resistência aos metais. Foram escolhidos os isolados que apresentaram maior e menor tolerância, tanto para os isolados nas amostras de água, quanto para os isolados nas amostras de sedimento. Ao todo 12 isolados bacterianos foram classificados de acordo com suas características microscópicas e morfotintoriais.

3. Resultados

Os resultados obtidos na determinação da concentração mínima inibitória (CIM), demonstram que as bactérias de forma geral, apresentaram crescimento em altas concentrações dos metais, sendo a máxima concentração do níquel 1,6 M e do cobalto 6,4 M.

Na tabela 1 estão os dados de resistência a metais, das três coletas de água do Rio Traíras. Pode-se observar na primeira coleta, tolerância das bactérias a ambos os metais, contudo, foi encontrada a menor concentração de crescimento na presença de níquel para as amostras 2A e 4A. Em relação ao cobalto, apenas cinco bactérias apresentam crescimento em concentrações menores que a máxima realizada.

As amostras de água da segunda coleta demonstram tolerância à máxima concentração de cobalto e para níquel, apenas dois isolados não cresceram na maior concentração estudada de níquel. Na análise da 3ª coleta, a amostra 26A se destacou por não apresentar crescimento em altas concentrações de níquel, sendo que a mesma apresentou crescimento até a 0,8M de cobalto. Além dessa amostra, apenas um isolado não apresentou crescimento para a máxima concentração de cobalto.

Tabela 1. Concentração mínima inibitória referente às amostras das três coletas de água do Rio Traíras- Goiás.

Amostra 1ª coleta	Níquel	Cobalto	Amostra 2ª coleta	Níquel	Cobalto	Amostra 3ª coleta	Níquel	Cobalto
1ª	0,8M	6,4M	13A	0,1M	6,4M	21A	1,6M	6,4M
2ª	0,1M	0,8M	14A	1,6M	6,4M	22A	1,6M	6,4M
3ª	1,6M	6,4M	15A	0,8M	6,4M	23A	0,2M	6,4M
4ª	0,05M	0,2M	16A	1,6M	6,4M	24A	0,1M	6,4M
5ª	1,6M	1,6M	17A	1,6M	6,4M	25A	1,6M	6,4M
6ª	1,6M	6,4M	18A	1,6M	6,4M	26A	0,00625M	0,8M
7ª	1,6M	0,1M	19A	1,6M	6,4M	27A	0,4M	6,4M
8ª	0,8M	0,4M	20A	1,6M	6,4M	28A	0,1M	3,2M
9ª	0,8M	6,4M						
10ª	0,2M	6,4M						
11ª	1,6M	6,4M						
12ª	1,6M	6,4M						

Fonte: Autores.

Foi realizado também um estudo referente à resistência bacteriana aos metais, com relação as amostras isoladas do sedimento, os dados estão na Tabela 2.

Na primeira coleta do sedimento a amostra 8S apresentou crescimento na menor concentração aos metais. Sendo que cinco bactérias apresentaram valores diferentes à máxima concentração de níquel e duas a máxima concentração de cobalto. A segunda coleta demonstrou ampla tolerância das amostras de sedimento aos metais, sendo que, exceto a amostra 27S

apresentou crescimento até 3,2M de cobalto, todas as outras amostras toleraram a máxima concentração de níquel e cobalto estudadas. Na 3ª coleta de sedimento todas as amostras cresceram na máxima concentração de cobalto, contudo para níquel, seis amostras apresentaram faixas de crescimento diferentes da máxima concentração.

Tabela 2. Concentração mínima inibitória referente às amostras das três coletas de sedimento do Rio Traíras- Goiás.

Amostra da 1ª coleta	Níquel	Cobalto	Amostra 2ª coleta	Níquel	Cobalto	Amostra 3ª coleta	Níquel	Cobalto
1S	1,6M	6,4M	14S	1,6M	6,4M	29S	1,6M	6,4M
2S	1,6M	6,4M	15S	1,6M	6,4M	30S	1,6M	6,4M
3S	1,6M	6,4M	16S	1,6M	6,4M	31S	1,6M	6,4M
4S	0,4M	3,2M	17S	1,6M	6,4M	32S	0,2M	6,4M
5S	0,8M	6,4M	18S	1,6M	6,4M	33S	0,4M	6,4M
6S	1,6M	6,4M	19S	1,6M	6,4M	34S	0,1M	6,4M
7S	0,1M	6,4M	20S	1,6M	6,4M	35S	0,4M	6,4M
8S	0,025M	1,6M	21S	1,6M	6,4M	36S	1,6M	6,4M
9S	1,6M	6,4M	22S	1,6M	6,4M	37S	0,4M	6,4M
10S	1,6M	6,4M	23S	1,6M	6,4M	38S	1,6M	6,4M
11S	1,6M	6,4M	24S	1,6M	6,4M	39S	0,8M	6,4M
12S	0,8M	6,4M	25S	1,6M	6,4M	40S	1,6M	6,4M
13S	1,6M	6,4M	26S	1,6M	6,4M			
			27S	1,6M	3,2M			
			28S	1,6M	6,4M			

Fonte: Autores.

Ao todo foram selecionadas 12 amostras, que apresentaram maior e menor tolerância para a identificação bacteriana. Sendo que as suas respectivas microscopia e classificação se encontram descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Identificação dos isolados de amostras de água e sedimento do Rio Traíras- Goiás.

Amostra	Coleta	Características microscópicas	Classificação
2A	água	Bacilo gram positivo	<i>Bacillus</i> spp.
3A	água	Cocobacilo gram negativo	<i>Enterobacteriaceae</i>
1S	sedimento	Bacilo gram positivo	<i>Bacillus</i> spp.
8S	sedimento	Bacilo gram positivo	<i>Bacillus</i> spp.
15A	água	Cocobacilo gram negativo	<i>Enterobacteriaceae</i>
16A	água	Cocogram positivo	<i>Staphylococcus</i> spp.
14S	sedimento	Bacilo gram positivo	<i>Bacillus</i> spp.
27S	sedimento	Coco gram positivo	<i>Staphylococcus</i> spp
22A	água	Cocobacilo gram negativo	<i>Enterobacteriaceae</i>
26A	água	Cocobacilo gram negativo	<i>Enterobacteriaceae</i>
29S	sedimento	Bacilo gram positivo	<i>Bacillus</i> spp.
32S	sedimento	Coco gram positivo	<i>Staphylococcus</i> spp

Fonte: Autores.

Nas amostras analisadas de água quatro isolados foram classificados como *Bacillus* spp.. As amostras de sedimento apresentaram quatro isolados pertencentes à família *Enterobacteriaceae* e dois isolados *Staphylococcus* spp.

4. Discussão

De acordo com o IBGE (2020), o Rio Traíras é a principal fonte de abastecimento da cidade de Niquelândia (GO), que apresenta população estimada superior a 46 mil habitantes. Suas nascentes estão situadas na reserva particular de desenvolvimento sustentável Legado Verdes do Cerrado, na qual são realizadas atividades agrícolas e ecoturismo para geração de renda local, tais práticas são responsáveis por questões ambientais relacionadas ao uso inadequado e a qualidade da água do rio para consumo (Silva et al., 2020).

Aguillar et al. (2020), aponta que a ingestão de água contaminada com metais pode ocasionar graves danos à saúde humana em longo prazo, como doenças neurológicas, cardiovasculares e câncer. Ressaltando assim, a importância de estudos voltados a analisar e determinar as concentrações de metais presentes na água.

Obregón et al. (2019), avaliou a qualidade da água em quatro pontos ao longo do córrego São José localizado em Cascavel (PR) e seus possíveis riscos a saúde da população que habita o entorno do Aterro Sanitário Municipal da cidade. Foram realizadas análises físico-químicas da água, os resultados demonstraram altas concentrações de arsênio (As), chumbo (Pb), crômio (Cr), cobre (Cu), mercúrio (Hg), selênio (Se) e vanádio (V). Além disso, doenças gastrointestinais, dermatites e alterações organolépticas da comunidade foram questionadas quanto a possível associação ao uso da água contaminada com metais. Ressaltando assim, a necessidade de análises no Rio Traíras, devido sua influência ao ecossistema e por ser importante fonte de água para a cidade de Niquelândia (GO).

Silva et al. (2017), determinou a concentração dos metais alumínio (Al), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e vanádio (V); em sedimentos superficiais da lagoa do Parque Metropolitano de Pituçu, Salvador (BA), Brasil. Foram utilizados sete pontos amostrais, sendo que as maiores concentrações dos metais estavam situadas próximas a atividades antrópicas. O estudo ressalta a importância da aplicação de ações de preservação e monitoramento ambiental, a fim de evitar o acúmulo de

elevadas concentrações de metais na água e sedimento. Confirmando, a importância da proteção e controle ambiental no Rio Traíras por ser alvo de atividades mineradoras.

Caneschi (2018), aponta a prospecção de microrganismos como alternativa para descontaminação de áreas contaminadas e ressalta a importância do conhecimento a respeito das características genéticas e fisiológicas desses microrganismos para aplicação biotecnológica. Sendo assim, o autor realizou a triagem de microrganismos de regiões de canga da Serra da Moeda, Nova Lima (MG), buscando compreender seu potencial uso biotecnológico. Amostras foram coletadas de seis amostras de solos e de nove espécies de plantas, sendo obtidos 65 isolados bacterianos. Entre seus resultados, 97% dos isolados bacterianos foram tolerantes a altas concentrações de arsênio (As). Uma nova cepa *Serratia liquefaciens* (FG3) foi descrita, sendo que esta apresentou alta tolerância à presença deste metaloide. Os resultados das análises de tolerância a metais desenvolvidas com amostras de água e sedimento neste estudo demonstram altas tolerâncias por parte dos isolados bacterianos aos metais níquel e cobalto, podendo realizar outras pesquisas e serem aplicados na descontaminação de áreas ambientais.

Macedo et al. (2020), analisou a sensibilidade aos metais cobre (Cu) e cromo (Cr) e antimicrobianos de cepas de *Escherichia coli* e *Klebsiellapneumoniae* isoladas em diferentes ambientes aquáticos da Bacia do Salgado (CE). Ao todo foram obtidas 12 cepas bacterianas, essas foram identificadas e a sensibilidade testada por meio do método de microdiluição em caldo. Em relação à sensibilidade aos metais potencialmente tóxicos utilizados, as cepas de *K. pneumoniae* apresentaram maior resistência que as de *Escherichia coli* para os dois metais estudados.

Silveira (2018), realizou a prospecção de bactérias redutoras de cromo hexavalente do sedimento do Arroio Estância Velha, localizado na região metropolitana de Porto Alegre (RS) e avaliou seu potencial de biorredução em diferentes concentrações de Cr. Quatorze bactérias foram capazes de promover biorredução de Cr, sendo identificadas as seguintes espécies e gêneros: *Acinetobacter baumannii*, *Acinetobacter ursingii*, *Acinetobacter sp.*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus cereus*, *Bacillus methylotrophicus*, *Exiguobacterium sp.*, *Microbacterium sp.* e *Ochrobactrum sp.* A espécie que apresentou resultados mais promissores de biorredução foi a *Acinetobacter ursingii*, podendo ser utilizada para o tratamento de efluentes e ambientes contaminados.

Araújo et al., (2019), utilizou isolados dos filos Actinobacteria, Proteobacteria e Bacteroidetes coletados em solo serpentínico com altas concentrações de níquel da região de Barro Alto (GO), para avaliar os mecanismos de resistências bacterianos para a concepção da biorremediação na própria área da atividade extrativista. O isolado *Mucilaginibacter sp.* SAP B3, pertencente ao filo Bacteroidetes, apresentou grande potencial para realizar o processo de biorremediação, devido seu metabolismo celular tolerar altas concentrações de níquel e se beneficiar com a presença desse metal. Assim, o presente estudo foi realizado em região de atividade extrativista de níquel e demonstrou crescimento bacteriano em elevadas concentrações desse metal, sendo sugestivo que os isolados bacterianos apresentem mecanismos celulares que se beneficiem e tolerem esse metal.

Oyetibo et al. (2017), isolaram duas linhagens de *B. subtilis* em um riacho de águas residuais industriais poluído, localizado na Nigéria. Essas foram capazes de degradar hidrocarbonetos e resistirem a metais tóxicos, crescendo em ambiente com elevada concentração de níquel e cobalto, inclusive diminuindo a concentração destes metais no meio. Demonstra-se correlação com o presente estudo, no qual os isolados bacterianos apresentaram capacidade de crescerem em diferentes concentrações dos metais tóxicos níquel e cobalto.

5. Conclusão

Os corpos hídricos são fundamentais para a sobrevivência das espécies e para o desenvolvimento da sociedade. Contudo, ao longo dos anos, vem avançando a contaminação ambiental por metais potencialmente tóxicos, ocasionando diferentes impactos ao meio ambiente, afetando, sobretudo a qualidade da água para consumo.

Com este estudo realizado, pode-se observar a tolerância dos isolados bacterianos no sedimento e água do Rio Traíras, localizado na Reserva Legados Verdes do Cerrado em Niquelândia (GO). Foram distintas as concentrações utilizadas dos metais níquel e cobalto, sendo possível averiguar o crescimento bacteriano em diferentes faixas dos metais.

No caso do Rio Traíras, principal fonte de abastecimento da cidade de Niquelândia, tem-se adicionalmente como poluentes práticas, como: ecoturismo e mineração. Considerando isso, é visto a necessidade de estudos a respeito de identificar contaminantes e suas fontes, além de propor métodos para amenizar os impactos dos metais ao ambiente e o uso de bactérias como ferramenta biotecnológica para a remediação de áreas contaminadas.

Sugere-se para futuros trabalhos a realização da identificação fenotípica dos isolados bacterianos analisados e a determinação dos genes de resistência que conferem tolerância aos metais.

Agradecimentos

O presente estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG (Chamada Pública nº 04/2018, Conservação da Natureza - Legado Verdes do Cerrado, FAPEG / Empresa Brasileira de Alumínio / Reservas Votorantim). Rocha TL é bolsista de produtividade do CNPq (proc. n. 306329 / 2020-4).

Referências

- Aguillar, C. N., Soares, L. Q., Mendes, F. Q., de Carvalho, A. M. X., & Nasser, V. G. (2020). Avaliação do teor de metais pesados na água de Rio Paranaíba-MG. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 64871-64880.
- Araújo, A. C. M., Marinho, P. H. O., & del Aquila Hoffmann, N. K. S. (2019). Avaliação do potencial de biorremediação de níquel por bactérias isoladas de área de mineração. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, Brasil, ABES.
- Fonte-Boa, T. M. R. (2018). Níquel e Cobalto. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/330728763_Niquel_e_Cobalto/citation/download.
- Bona, E. A. M. D., Pinto, F. G. D. S., Fruet, T. K., Jorge, T. C. M., & Moura, A. C. D. (2014). Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. *Arquivos do Instituto Biológico*, 81(3), 218-225.
- Brandão, C. J., Botelho, M. J. C., & Sato, M. I. Z. (2018). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. ANA/CETESB.
- Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005). Resolução No. 357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. *Diário Oficial [da] União*.
- Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2009). Resolução No 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. *Diário Oficial [da] União*.
- Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2012). Resolução No. 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. *Diário Oficial [da] União*.
- Bravo, G. B. G. (2018). *Resistência aos metais cobre, chumbo, cromo e zinco em bactérias gram-positivas isoladas de ambiente aquático*. Tese de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Bruins, M. R., Kapil, S., & Oehme, F. W. (2000). Resistência microbiana a metais no meio ambiente. *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*, 45(3), 198-207.
- Caneschi, W.L. (2018). Bioprospecção de bactérias de regiões de canga do Quadrilátero Ferrífero: estratégia de busca de alvos com potencial biotecnológico. Tese de doutorado, Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto.
- De Araujo, A. S., do Nascimento, A. L., da Silva, G. A., dos Santos, W. L., do Vale Moreira, J. G., & Serrano, R. O. P. (2020). Proposta metodológica para coleta e monitoramento de sedimentos de fundo em corpos hídricos léticos. *Uaquiri-Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre*, 2(2), 15-15.
- De Carvalho, M. S., Ribeiro, K. D., Moreira, R. M., & de Almeida, A. M. (2017). Concentração de metais no rio Doce em Mariana, Minas Gerais, Brasil. *Acta Brasiliensis*, 1(3), 37-41.

De Matos, N. S., Campos, M., Ide, C. N., Walker, I. C., & dos Santos, C. O. (2019). IV-124-Avaliação de metais pesados em sedimentos suspensos. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, (p.1-6) Natal, Brasil, ABES.

De Souza, L. H. N., & Arruda, R. D. O. M. (2021). Revitalização de corpos d' água com o uso da biorremediação. *Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser*, 4(1), 37-45.

Frois, A. C. F., & Pereira, S. G. (2020). Qualidade da água do Rio Paranaíba na região de Patos de Minas- MG: organoclorados e metais pesados e a sua relação com saúde pública e coletiva. *Scientia Generalis*, 1(3), 54-99.

IBGE. (2020). Cidades: Niquelândia. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, Rio de Janeiro, Brasil. <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=521460&search=|infograficos:informações-completas>.

Macedo, L. H. C., da Silva, M. L. Q., da Silva, J. H., & de Lemos Caldas, F. R. (2020). Sensibilidade a antibióticos e metais pesados em *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* isoladas de diferentes fontes de água do Cariri Cearense, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(9), e404997327-e404997327.

Obregón, P. L., Quiñones, F. R. E., da Silva, E. B., & Junior, C. C. (2019). Elevadas concentrações de metais em águas do córrego São José, Cascavel (PR), e possíveis riscos à saúde. *Saúde e Pesquisa*, 12(1), 51-61.

Oyetibo, G. O., Chien, M.F., Ikeda-Ohtsubo, W., Suzuki, H., Obayori, O. S., Adebuseye, S. A., & Endo, G. (2017). Biodegradação de petróleo bruto e fenantreno por *Bacillus subtilis* resistente a metais pesados isolado de um riacho de águas residuais industriais poluentes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 120, 143-151.

Reis, D. A. D., Roeser, H. M. P., & Santiago, A. D. F. (2020). Impacto ambiental nos sedimentos do tributário do Rio Doce após o rompimento da barragem de Fundão. *Research, Society and Development*, 9(2), 1-22.

Silva, C. M. D., Rezende, W. S., & da Silva Sales, M. A. (2020). Análise da qualidade da água do rio Traíras na Reserva Legado Verdes do Cerrado (LVC). *Novos Cadernos NAEA*, 23(1).

Silva, E., Souza, N. F. A., Viana, Z. C. V., Marinho, P. S. S., & Santos, V. L. C. S. (2017). Concentração de metais em sedimentos da Lagoa do Parque Metropolitano de Pituáçu, Salvador, Bahia, Brasil. *HOLOS*, 4, 159-170.

Silva Ribeiro, G. (2019). *Crise global e desenvolvimento econômico local: os impactos da crise econômica mundial em Niquelândia/GO*. Dissertação de Mestrado.: FLACSO Sede Brasil, São Paulo, Brasil.

Silva, L. S., Ferreira, F. J., & Fávoro, D. I. T. (2017). Avaliação da concentração de metais tóxicos em amostras de sedimentos dos reservatórios do complexo Billings (Guarapiranga e Rio Grande). *Geochimica Brasiliensis*, 31(1), 37-37.

Silveira, L. F. D. (2018). *Avaliação da qualidade hídrica e prospecção de linhagens bacterianas redutoras de cromo hexavalente provenientes do sedimento do arroio Estancia Velha/RS*. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais) - Universidade La Salle, Canoas.

Souza, A. K. R., & Morassuti, C. Y. (2018). Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. *Acta Biomedica Brasiliensis*, 9(3), 95-106.

Teixeira, D. C. L., Moreira, I. F. V., Coelho, M. A., Amaral, Y. F. Q., & do Carmo Cupertino, M. (2020). Exposição a contaminantes ambientais inorgânicos e danos à saúde humana. *Brazilian Journal of Health Review*, 3(4), 10353-10369.

Teles, Y. V. (2017). *Seleção e isolamento de bactérias resistentes a Cromo Hexavalente Endêmicos do Igarapé do Quarenta*. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.