



**UFC**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR**  
**CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ELIZIANE ALEXANDRE DE SENA**

**EFEITO DE POLUENTES ANTROPOGÊNICOS SOBRE A MICROBIOTA DA  
LAGOA DA PAJUÇARA, MARACANAÚ- CE**

**FORTALEZA**

**2019**

ELIZIANE ALEXANDRE DE SENA

EFEITO DE POLUENTES ANTROPOGÊNICOS SOBRE A MICROBIOTA DA LAGOA  
DA PAJUÇARA, MARACANAÚ- CE

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Oscarina Viana de Sousa.

Co- orientadora: Dr<sup>a</sup>. Fátima Cristiane Teles de Carvalho.

FORTALEZA

2019

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)

---

S477e Sena, Eliziane Alexandre de.

Efeito de poluentes antropogênicos sobre a microbiota da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú- CE /

Eliziane Alexandre de Sena. – 2019.

55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa.

Coorientação: Profa. Dra. Fátima Cristiane Teles de Carvalho.

1. Escherichia coli. 2. Metais pesados. 3. Poluição. I. Título.

CDD 333.7

---

ELIZIANE ALEXANDRE DE SENA

EFEITO DE POLUENTES ANTROPOGÊNICOS SOBRE A MICROBIOTA DA LAGOA  
DA PAJUÇARA, MARACANAÚ- CE

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Prof. Dr<sup>a</sup>. Oscarina Viana de Sousa. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Francisca Gleire Rodrigues de Menezes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr<sup>a</sup>. Jéssica Lucinda Saldanha da Silva  
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais e meus irmãos, que me ajudaram a manter o foco nessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu amado Deus, pela sua misericórdia e bondade, por ser o meu refúgio em todos os momentos difíceis que passei, pelas pessoas incríveis que pôs em meu caminho e por nunca me deixar esquecer do seu imenso amor.

A meu pai, Francisco Sena, por se esforçar todos os dias para nos dar o melhor. À minha mãe, Eliane Gomes, por ser forte e guerreira, juntos me mostraram a importância de viver pela fé.

Aos meus irmãos, em especial ao Paulo Henrique, mesmo com pouca idade, assumiu em nosso momento mais difícil a responsabilidade de cuidar da nossa mãe e irmã para que eu pudesse completar essa jornada.

Às minhas amigas Magna Braga, pelo carinho, apoio e compreensão; Fabiana Ferreira, pela parceria e consideração e Juliana Silva, por me fazer rir e sempre me presentear com coxinhas deliciosas. Vocês são maravilhosas!

Aos meus amigos Rafael Santos, por pagar meus lanchinhos e por ter sido meu coach; Débora Carvalho, por ser autêntica e me proporcionar momentos de zuação; Vanessa Melo, pelo companheirismo e risadas; Lucas Ricardo, pelas aventuras atrás da Zuzu em Mossoró; Régia Leliana, por ser chata e um grande exemplo de força ao enfrentar as adversidades dessa vida; Álef Vasconcelos, pela risada contagiante, pela companhia e desespero nas madrugadas e a Vitória Régia, pela sua bondade, consideração e por sempre me lembrar de tudo. Gratidão pelas desventuras em série.

À professora Oscarina Viana, por acreditar e investir em mim, por me deixar fazer parte da família Lamap, pelo carinho, compreensão e preocupação, por toda ajuda e dedicação para realização desse trabalho.

À Cristiane Teles, pela paciência, compreensão, por sempre me ajudar mesmo atolada de outras atividades, por se preocupar com a hora que chego em casa, e no final da história, por me adotar como mãe de laboratório.

À Marina Torres e a Gleire Rodrigues por sempre dar aquela moralzinha depois de um dia cansativo e apertado.

Às irmãs brigonas, Jade Abreu e Jéssica Lucinda, por sempre se mostrarem disponíveis em resolver minhas dúvidas e me fazerem rir das suas implicâncias.

A todos que fazem parte da família Lamap, que sempre estavam disponíveis para me ajudar.

Aos professores do LABOMAR, que contribuíram para minha formação, Marcus Vinícius, Kamila Mendonça, Sandra Santaella, Rivelino Cavalcante, Ana Maria, Marcelo Soares, Juliana Barros.

À d. Célia, por sempre me receber com um sorriso, ao Wagner e Francisco, pelas piadas que sem tem graça nenhuma e à Natália pela sua gentileza e educação.

Ao s. Hélio Menezes por se voluntariar a atravessar aquela lagoa só para me ajudar.

À Universidade Federal do Ceará, pelas oportunidades oferecidas.

E a todos que me ajudaram de forma direta ou indiretamente até aqui!

“Esse negócio de entender de uma coisa, tem que amar. Quando você ama, isso cria uma capacidade. Você se interessa pela coisa, você começa a olhar”

**Tom Jobim**

## RESUMO

As pressões de urbanização e industrialização no entorno de lagoas proporciona o incremento de diversos poluentes, tornando um dos maiores problemas ambientais do mundo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o efeito das ações antropogênicas sobre a microbiota da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú. Esse manancial foi escolhido por está situado no Distrito Industrial, e por ser uma alternativa de lazer e fonte de alimento para a população. Para realização dessa pesquisa foram feitas duas coletas, uma em março e outra em junho. As amostras de água foram coletadas em seis pontos no perímetro da lagoa e usando *Escherichia coli* como parâmetro microbiológico, as condições de uso da água foram avaliadas segundo as Resoluções 357 e 274, ambas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Foram coletadas 3 amostras de solo às margens da lagoa e utilizando a técnica *Pour Plate*, após as diluições, as amostras foram inoculadas em placas de Petri contendo separadamente meios de cultura acrescidos com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) e cloreto de mercúrio ( $\text{HgCl}_2$ ) para seleção de bactérias tolerantes a metais pesados e meio de cultura não-seletivo para bactérias heterotróficas não cultiváveis. As estirpes isoladas foram identificadas por meio de características morfológicas e testes bioquímicos. De acordo com os resultados obtidos, os pontos aquáticos pA1, pA2, pA3 e pA4 estão impróprios para atividades de contato primário, bem como a prática de pesca. Os maiores valores de *E. coli* encontrados foram em áreas onde há um maior contato da população. A densidade bacteriana das amostras de solo foi mais abundante em meio seletivo para população resistente a prata do que mercúrio. As relações BHC/NP e BHC/CM foram maiores na segunda coleta, sendo o ponto P3 NP a apresentar a maior relação. As estirpes identificadas apresentaram predominância de bastonetes gram positivos, catalase positiva e oxidase negativa. O significativo crescimento microbiano revela que num total de bactéria heterotróficas cultiváveis uma parcela desses microrganismos são capazes de tolerar concentrações de prata e mercúrio.

**Palavras-chave:** *Escherichia coli*, metais pesados, poluição.

## ABSTRACT

The pressures of urbanization and industrialization around lagoons provide the increasing of several pollutants, making it one of the biggest environmental problems in the world. Thus, the objective of this work was to analyze the effect of the antropogenic actions on the microbiota of the Pajuçara Lagoon, Maracanaú. This spring was chosen because it is located in the Industrial District, and because it is a leisure alternative and a source of food for the population. For the accomplishment of this research two samplings were made, one in March and another in June. The water samples were collected at six points in the perimeter of the lagoon and using *Escherichia coli* as a microbiological parameter, the conditions of water use were evaluated according to Resolution 357 and 274, both resolutions of the National Environmental Council (CONAMA). Samples were inoculated into petri dishes containing separately culture medium supplemented with silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) and mercury ( $\text{HgCl}_2$ ) chloride for selection of heavy metal tolerant bacteria and non-selective culture medium for non-cultivable heterotrophic bacteria. Isolated strains were identified by means of morphotintorial characteristics and biochemical tests. According to the results obtained, the aquatic points pA1, pA2, pA3 and pA4 are unsuitable for primary contact activities, as well as the fishing practice. The highest values of *E. coli* found were in areas where there is greater contact of the population. The bacterial density of soil samples was more abundant in medium selective for silver resistant population than mercury. The BHC / NP and BHC / CM ratios were higher in the second collection, with P3 NP being the highest ratio. The identified strains had a predominance of gram positive rods, catalase positive and oxidase negative. The significant microbial growth reveals that in a total of cultivable heterotrophic bacteria a portion of these microorganisms are able to tolerate concentrations of silver and mercury.

**Keywords:** *Escherichia coli*, heavy metals, pollution.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Área de localização dos pontos de coleta do solo e da água. ....	28
Figura 2- Fluxograma da técnica de tubos múltiplos e exposição à luz ultravioleta. ....	30
Figura 3- Fluxograma que representa a diluição e plaqueamento das amostras de solo. ....	31
Figura 4- Fluxograma representando a técnica de coloração de gram.....	32
Figura 5- Resultado do teste de catalase .....	33
Figura 6- Fluxograma do teste de oxidase. ....	33
Figura 7- Pescadores na Lagoa na Pajuçara.....	35
Figura 8- Crescimento bacteriano em placas contendo Cloreto de Mercúrio (CM) e Nitrato de Prata (NP).....	37

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Números relativos das populações resistentes a prata e mercúrio nas amostras de solo coletadas às margens da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú – CE, na primeira coleta. .... 38

Gráfico 2- Números relativos das populações resistentes a prata e mercúrio nas amostras de olo coletadas às margens da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú – CE, na segunda coleta. .... 39

Gráfico 3- Morfologia celular e características tintoriais de culturas bacterianas isoladas das amostras do solo na Lagoa da Pajuçara na primeira coleta de acordo com a sub-população de origem. .... 40

Gráfico 4- Números relativos das populações resistentes a prata e mercúrio nas amostras de solo coletadas às margens da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú – CE, na segunda coleta..... 41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2- Estimativa do número de bactérias <i>E. coli</i> nas amostras de água coletadas ao longo do perímetro da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú. ....	35
Tabela 3– Número de bactérias cultiváveis totais e resistentes a metais pesados mercúrio e prata nas amostras de solo coletadas às margens da lagoa de Pajuçara, Maracanaú- CE.....	37
Tabela 4- Característica morfotintorial e bioquímica das estirpes 1º coleta. ....	42
Tabela 5- Característica morfotintorial e bioquímica das estirpes 2º coleta. ....	43

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Principais efeitos à saúde humana por contaminação de metais pesados..... 23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
LAMAP	Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
UFC	Universidade Federal do Ceará
NMP	Número Mais Provável
UV	Ultravioleta
PCA	<i>Plate Count Agar</i>
BHC	Bactérias Heterotróficas Cultiváveis
LB	<i>Luria Bertani</i>
CPP	Contagem Padrão em Placa
TSA	<i>Tryptona de Soja</i>
Funceme	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\text{g/cm}^3$	Gramas por centímetro cúbico
Pb	Chumbo
Fe	Ferro
Cd	Cádmio
Co	Cobalto
Cu	Cobre
Zn	Zinco
Hg	Mercúrio
$\text{AgNO}_3$	Nitrato de Prata
$\text{HgCl}_2$	Cloreto de Mercúrio
$\text{H}_2\text{O}_2$	Peróxido de Hidrogênio
mm	Milímetro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
2.1 Objetivo geral .....	18
2.2 Objetivos específicos .....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
3.1 Indicadores de qualidade da água .....	19
3.2 Contaminação ambiental por metais pesados .....	20
3.3 Fontes de contaminação.....	21
3.4 Efeito no ambiente e saúde da população .....	22
3.5 Resistência bacteriana a metais pesados .....	24
3.6 Tecnologias para mitigação no ambiente.....	25
3.7 Tecnologias aplicando microrganismos .....	26
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
4.1 Área de estudo .....	27
4.2 Procedimento da coleta.....	29
4.3 Processamento da amostra .....	29
4.3.1 Água.....	29
4.3.2 Solo .....	30
4.5 Identificação das estirpes.....	31
4.5.1 Características morfotintoriais .....	31
4.5.2. Características bioquímicas .....	32
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>34</b>
5.1 Qualidade da água da lagoa .....	34
5.2 Densidade populacional bacteriana.....	36
5.3 Identificação morfotintorial e bioquímica das estirpes .....	39
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural insubstituível, sem ela não há persistência da vida, é responsável pela manutenção de uma vida saudável do ser humano, animais e plantas, além de assegurar a probabilidade de desenvolvimento de atividades econômicas. Para consumo humano ela não pode conter microrganismos patogênicos nem substâncias que representem risco à saúde em níveis superiores aos máximos permitidos, além de não poder apresentar características que causem rejeição por parte da população (como gosto, odor ou cor que deixem a água com um aspecto desagradável) (MENDONÇA; MARTINS, 2018; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

Os recursos hídricos, tais como a água doce dos rios, lagos, do lençol freático e áreas alagáveis, apresentam diversos usos para sociedade principalmente nas atividades urbanas, agricultura e indústria, e demais usos, tais como recreação, transporte, controle de inundações, geração de energia, purificação dos dejetos humanos e industriais e como habitat para espécies de plantas e animais (BARON *et al.*, 2002).

Lagoas, em especial, são alvos de expressiva exploração em função do seu mau uso. Problemas como as ocupações irregulares, o despejo direto e indireto de esgotos in natura nos cursos d'água, a precariedade ou falta do saneamento ambiental na cidade, ligações de esgoto clandestino e outros impactos negativos relacionados à ausência de planejamento urbano, causam degradação a esses ecossistemas (ROCHA, 2013).

A poluição desses corpos hídricos é um dos maiores problemas ambientais no mundo. Efluentes domésticos e industriais ao serem lançados, podem acarretar problemas de saúde na população, causados por ingestão de alimentos provenientes das águas contaminadas ou pelo contato direto, que pode veicular agentes nocivos químicos ou biológicos (LEITE, 2004).

O uso de microrganismos como indicadores de qualidade da água é um método bastante eficaz e sensível, utilizado por vários anos. Bactérias do grupo coliformes, em especial, a *Escherichia coli* (*E. coli*), são excelentes indicadores de contaminação por esgotos domésticos e presença de outros patógenos intestinais (GOMES, 2015).

O incremento de diversos poluentes no meio aquático também se dá pelas pressões do processo desestruturado de urbanização e industrialização do entorno de lagoas (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Dentre os poluentes, os metais pesados nesses ambientes vêm causando intensa

preocupação. Oriundos principalmente de efluentes industriais, esses elementos apresentam caráter tóxico, bioacumulativo e podem acarretar alterações nas comunidades vegetais e de microrganismos, com impactos ao meio ambiente e à saúde pública (SANTOS *et al.*, 2007; POLASTRI GIMENEZ, 2014; NASCIMENTO; GONZALES, 2018).

Para refrear tais problemas, há tecnologias que envolvem processos físicos, químicos e biológico a fim de minimizar os impactos causados por efluentes. Desses processos, destaca-se a biorremediação, utilização de microrganismos para remoção de contaminantes (MORAES FILHO; CORIOLANO, 2016).

Exposta a relevância do tema, as análises microbiológicas de qualidade de água de lagoas são necessárias para se conhecer a situação desses corpos hídricos em relação às atividades antrópicas que ocorrem neles ou em seu entorno.

Por essa razão, a realização da pesquisa na Lagoa da Pajuçara justifica-se por estar situada no Distrito Industrial de Maracanaú e sofrer pressão das atividades antrópicas do seu entorno tanto industriais quanto urbanas, mas também ser usada como alternativa de lazer e obtenção de alimento pela população.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

- Analisar efeito das ações antropogênicas sobre a microbiota da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú- CE.

### 2.2 Objetivos específicos

- Analisar o aporte de esgoto doméstico na Lagoa da Pajuçara usando *Escherichia coli* como indicador microbiológico.
- Estabelecer o efeito da contaminação microbiológica sobre a qualidade da água e prejuízo aos usos pela população.
- Detectar e quantificar bactérias tolerantes a metais pesados do solo às margens da lagoa.
- Isolar e caracterizar as estirpes bacterianas resistentes aos metais pesados através de provas bioquímicas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Indicadores de qualidade da água

A água trata-se de um recurso natural, provavelmente o único, que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde os valores culturais e religiosos estabelecidos na sociedade ao desenvolvimento agrícola e industrial. É um recurso natural essencial, que atua como constituinte bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e como importante fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (GOMES, 2011).

Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo, a água está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido. Essa diminuição da qualidade da água, se dá, sobretudo, devido à poluição hídrica por esgotos domésticos e industriais. (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001; COSTA *et al.*, 2012)

Segundo Mota (2006), um corpo d'água que recebeu esgotos domésticos pode constituir-se em um veículo de transmissão de várias doenças, além disso, podem acarretar diversos prejuízos aos usos da água, por exemplo, o agravamento dos problemas de escassez de água de boa qualidade; elevação do custo de tratamento da água, prejuízos aos peixes e a outros organismos aquáticos; desequilíbrio ecológico e proliferação excessiva de algas e de vegetação aquática, como suas consequências negativas. Por essa razão é essencial a utilização de indicadores microbiológico para a determinação da qualidade da água.

Os microrganismos tradicionalmente usados para monitorar a qualidade das águas recreativas ou potáveis, consistem em um grupo de bactérias patogênicas, não necessariamente, mas comumente encontradas no trato gastrointestinal dos animais de sangue quente (SOUTO *et al.*, 2015).

O membro mais utilizado do grupo coliformes termotolerantes é a *Escherichia coli* (*E. coli*), pois sua presença está intimamente ligada à presença de contaminação fecal tornando-a indicador direto de contaminação por fezes. Pertence à família Enterobacteriaceae, bactéria gram-negativa e comensal, já que habita o intestino sem causar doenças (BURBARELLI, 2004; DRUMOND, 2018).

### 3.2 Contaminação ambiental por metais pesados

Os metais são um grupo de elementos químicos, sólidos no seu estado puro (com exceção do mercúrio, que é líquido), definidos pelo seu brilho, dureza, boa condutividade elétrica e térmica, maleabilidade, ductilidade, e por altos pontos de fusão e ebulição. Dentro do grupo destes elementos existem alguns com uma densidade que excede 5 gramas por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ), classificados como metais pesados (RIBEIRO, 2013).

Todos os metais pesados apresentam toxicidade. Os efeitos tóxicos são determinados pelo índice e o alcance com que os metais ou compostos se convertem em uma forma biodisponível. Ingressando no ambiente, os íons livres do metal podem ligar-se com matéria orgânica, reduzindo à quantidade biodisponível (MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006).

Os metais pesados apresentam ocorrência natural no ambiente e sua concentração é geralmente baixa. Entretanto, com o avanço das atividades antrópicas, a incrementação dos teores desses elementos é frequentemente relatada. Esses incrementos podem alcançar níveis tóxicos, prejudicando o desenvolvimento do ecossistema (VICENTIN, 2017).

Addey *et al.* (2018) encontraram concentrações médias de  $1,232 \text{ mg L}^{-1}$  de chumbo (Pb),  $0,629 \text{ mg L}^{-1}$  Ferro (Fe),  $0,053 \text{ mg L}^{-1}$  Cadmio (Cd) e  $0,075 \text{ mg L}^{-1}$  de Cobalto (Co) nas águas superficiais dentro do canal Commodore, Nigéria.

Muitas ocorrências de contaminação de água e solo por metais pesados nas proximidades de áreas industriais, mineração e agrícolas têm sido expostas no Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2005; BORGES JÚNIOR *et al.*, 2008; SILVA; TEIXEIRA; SOUZA; FERNANDES, 2017). Após estudo, por exemplo, verificou-se que a água do córrego e do açude da microbacia de Caetés (RJ) apresentou, respectivamente, teor total de  $0,14 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,09 \text{ mg L}^{-1}$  de Cd, e  $0,08 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,06 \text{ mg L}^{-1}$  de Pb, valores acima dos padrões máximos estabelecidos em água potável pelo Ministério da Saúde (RAMALHO; AMARAL SOBRINHO; VELLOSO, 2000).

No Ceará, verificou-se grandes níveis de poluição, em decorrência da emissão de metais pesados e cianeto em águas residuais pela indústria de galvanoplastia de Juazeiro do Norte, em que parâmetros como cobre (Cu) e zinco (Zn) apresentaram valores médios de 135,5 e 9,72 vezes, respectivamente, acima do máximo permitido (COSTA; SANTOS; TAVARES, 2008).

Tendo em vista a proteção dos solos e águas subterrâneas, a Holanda foi o primeiro país a adotar políticas direcionadas para o problema dos locais contaminados e para limpeza

ambiental, formalizando um programa nacional para avaliação de contaminação e estabelecimento de níveis de intervenção (NOGUEIRA, 2012; RIBEIRO, 2013).

Na legislação brasileira, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da resolução nº 420, de 28 de janeiro de 2009, dispõe sobre critério 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 (BRASIL, 2009). Nesta resolução, os valores de referência de qualidade deverão ser estabelecidos pelo Estado.

Quanto à qualidade hídrica, a resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, assim como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005). Esta resolução estabelece limites máximos para os diferentes poluentes nos corpos d'água.

### **3.3 Fontes de contaminação**

A contaminação por metais origina-se através da atividade antropogênica ou de fontes naturais. A aplicação de corretivos e adubos agrícolas, utilização de água de irrigação contaminada, produtos como lodo de esgoto, compostos de lixo urbano e resíduos diversos de indústria ou mineração vem sendo associada ao aumento dos teores de metais pesados. (PASCALICCHIO, 2002; FERNANDES *et al.*, 2007).

As atividades industriais se inter-relacionam com o meio ambiente consumindo recursos (água, energia, matérias-primas) e gerando rejeitos (resíduos sólidos, efluentes líquidos ou emissões atmosféricas) (COSTA; SANTOS; TAVARES, 2008). Esses rejeitos geralmente são tratados de forma ineficiente e são lançados ainda com uma rica quantidade de elementos tóxicos.

Na China, a proximidade de fábricas e áreas residenciais, ocasionada por um fraco zoneamento industrial e questões econômicas que contribuem para a difusão da população, vem gerando destaque internacional devido aos casos de envenenamento em massa. Além das pessoas, alimentos e produtos fabricados no país estão sendo envenenados por metais pesados (COSTA *et al.*, 2012).

Observa-se também contaminação através de efluentes oriundos de atividades agrícolas, destacando aquelas que apresentam um alto risco de poluição, como sendo, as agropecuárias intensivas (suinoculturas), com taxa bastante baixa de tratamento de efluentes

(SILVA *et al.*, 2009). As aplicações, muitas vezes de forma inadequada, de defensivos, fertilizantes e de resíduo da criação intensiva de animais são consideradas com as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais (RESENDE, 2002).

A incorporação de lodos de esgoto como fertilizantes podem fortalecer o incremento de contaminantes no ambiente, pois normalmente, eles se encontram em concentrações superiores àquelas encontradas, mesmo considerando lodos de origem domiciliar (SILVA *et al.*, 2009).

A atividade garimpeira é bastante significativa na contaminação de mercúrio (Hg). Nas áreas de garimpo do Brasil, o Hg é largamente utilizado no processo de separação do ouro, presente na forma de pó na lama extraída pelos garimpeiros. Os vapores de Hg produzidos nesse processo, bem como os restos do mercúrio presentes na lama impregnada desse metal, causam sérios problemas ambientais, entre os quais a contaminação das águas pluviais (chuvas) e fluviais (rios) das áreas onde se desenvolvem os trabalhos de garimpo (LACERDA, 1997).

O impacto das atividades de mineração é uma questão de preocupação ambiental que desafia o desenvolvimento sustentável em diversas partes do mundo. Elas contribuem com a liberação de rejeitos que se constituem como uma das principais formas de contaminação do solo e da água por metais pesados. O resultado dessa atividade consiste na existência de grandes áreas degradadas. A intensidade da degradação depende do volume, do tipo de mineração e dos rejeitos produzidos (GUILHERME *et al.*, 2005; MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006).

### **3.4 Efeito no ambiente e saúde da população**

Constituindo elementos altamente reativos e bioacumulativos, e do ponto de vista toxicológico, o grupo dos metais pesados possui a propriedade de interagir de maneira tóxica com a matéria viva, distinguindo-se em relação aos efeitos dentro do organismo e no meio ambiente (LIMA; MERÇON, 2011). Cada metal poderá apresentar um efeito específico sobre determinado ser vivo.

As presenças elevadas de substâncias nocivas podem prejudicar o desenvolvimento do ecossistema. Apesar de alguns metais serem essenciais, em concentrações elevadas, esses elementos também podem causar toxidez e inibir o crescimento de plantas e impedir ou até diminuir o crescimento de microrganismos (COUTINHO; BARBOSA, 2007; VALE *et al.*, 2011).

A bioacumulação desses metais intensifica o risco aos seres vivos, pois quando o último consumidor ingerir seu alimento, este já apresentará uma alta concentração de metal devido a acumulação de produtor para consumidor e de consumidor para consumidor (BITTAR, 2008). Desta forma, o último elemento da cadeia trófica irá acumular uma alta concentração dessas substâncias, ocasionando doenças graves e até morte (BARROS JUNIOR, 2001). O quadro 1 expõe os efeitos mais comuns à saúde humana ocasionada por metais pesados.

Quadro 1- Principais efeitos à saúde humana por contaminação de metais pesados.

<b>Metal</b>	<b>Efeitos na saúde</b>
Arsênio (Ar)	Afeta o sistema nervoso sensorial e motor e possui potencial carcinogênico, provocando principalmente câncer de pele e pulmonar.
Cádmio	Afeta principalmente sistema renal e respiratório, podendo provocar necrose e degeneração das células tubulares renais e doenças pulmonares obstrutivas, assim como, compromete os ossos provocando osteomalácia e/ou osteoporose.
Cromo	Provoca irritação da pele e mucosas, dermatites e possui potencial carcinogênico.
Chumbo	Afeta o sistema nervoso central (encefalopatia) e periférico (neuropatia), provoca hepatites tóxicas, nefropatias, alterações cardiovasculares, endócrinas, distúrbios gastrointestinais e anemia. Prejudica o desenvolvimento físico e intelectual das crianças.
Mercúrio	Efeitos neurotóxicos como parestesia, ataxia, neurastenia, perda da visão e audição, espasticidade, tremores, convulsões e alucinações. Provoca efeitos irritantes de pele e mucosas, como dermatites e gengivites, lesões renais e alterações no sistema respiratório podendo ocasionar edema pulmonar e pneumotórax. O metilmercúrio é altamente carcinogênico e teratogênico.

Fonte: GODOY, 2018.

Caso de grande destaque é o desastre de Minamata, no Japão. Uma indústria localizada na cidade, desde 1930, despejava sem qualquer tratamento, dejetos com carga de Hg, em sua forma orgânica, na baía de Minamata. Vinte anos depois começaram a surgir os efeitos da contaminação. Animais e pessoas, principalmente os pescadores e familiares, foram vítimas da síndrome neurológica causada pelo envenenamento por Hg (MICARONI; BUENO; JARDIM, 2000).

Nacionalmente, grande impacto negativo causado à população e ao meio ambiente

por metal pesado foi destacado na Ilha da Madeira, no Rio de Janeiro. A falta de manutenção, por muito tempo, dos diques responsáveis pela contenção da água contaminada de uma indústria de zinco desativada ocasionou a inundação dos terrenos próximo, a contaminação da vegetação do mangue, a mortandade de peixes e a proliferação de doenças (PINTO; BARROS, 2006). Acontecimento mais recente trata-se do desastre de Mariana, em Minas Gerais. Na ocasião, uma barragem da mineradora Samarco se rompeu liberando rejeitos de mineração no ambiente. As concentrações dos metais, no rio Doce, se apresentam elevadas, ultrapassando os valores máximos permitidos pela legislação brasileira vigente (CARVALHO *et al.*, 2017).

### 3.5 Resistência bacteriana a metais pesados

Bactérias resistentes a metais pesados são consideradas indicadores de contaminação, além de contribuírem potencialmente para o ciclo biogeoquímico de metais pesados. Entretanto, em resposta ao aumento da resistência a diversos metais, eles também representam impacto negativo no funcionamento do ecossistema (RAHMAN; SINGH, 2018).

Essas populações bacterianas em ambientes contaminados adaptam-se à concentração tóxica de metais pesados e tornam-se resistentes, sendo capazes de desenvolver diversas abordagens para superar os efeitos de metais, utilizando acumulação, resistência ou reduzindo a sua biodisponibilidade ou toxicidade através de biometilação e transformação (MUSTAPHA; HALIMOON, 2015; GUPTA *et al.*, 2016).

Em águas residuais, essas substâncias apresentam potencial de selecionar microorganismos resistentes. Através dessa seleção também é possível o desenvolvimento de defesa a antibióticos, já que muitas das vezes os genes que codificam os traços de resistência a antibiótico e os genes que codificam para resistência de metal são realizados no mesmo plasmídeo ou outros elementos genéticos (CHAUHAN *et al.*, 2015).

Atualmente, uma grande variedade de bactérias, com graus diferentes de resistência têm sido estudadas (BALL, 2007; MUSTAPHA; HALIMOON, 2015; MARZAN *et al.*, 2017; AZAM *et al.* 2018). Essa diversidade de organismos e mecanismos de resistência vem tornando cada vez mais possível a utilização dessas populações nos processos de biorremediação, sendo de maneira *in-situ* (quando a técnica é realizada no próprio local) ou *ex-situ* (quando a realização do processo é executada fora do local contaminado) (PARADA, 2012).

### 3.6 Tecnologias para mitigação no ambiente

A consciência ambiental em evidência e a determinação de normas rígidas têm impulsionado a necessidade de pesquisa objetivando o desenvolvimento de tecnologias para remoção de metais pesados no meio ambiente com a finalidade de alcançar os limites de toxicidade permitidos (BUENO, 2007).

Para remoção de metais pesados de efluentes industriais os processos de tratamento convencional incluem precipitação, coagulação, complexação, adsorção de carbono ativado, troca iônica, extração por solvente, tratamentos eletroquímicos, oxidação e redução química. Entretanto, esses processos apresentam algumas desvantagens, por exemplo, a remoção incompleta de metais, alto consumo de reagentes e energia, geração de resíduos, e muitas das vezes não possibilitam a adequação aos padrões exigidos pela legislação (BUENO, 2007; GUNATILAKE, 2015).

As desvantagens dos processos convencionais incentivam a busca por novas tecnologias eficientes e economicamente viável. Entre esses processos se destaca a biossorção, que se tornou uma técnica atraente por muitas razões, como sendo de um bom custo-benefício, altamente eficiente, com aplicação em sistemas com capacidade de detoxificar grande volume de efluente com custo baixo operacional, possível seletividade e recuperação da espécie metálica, sendo assim uma boa alternativa para os métodos convencionais (PINO; TOREM, 2011; EL-SAYED; EL-SAYED, 2014).

A biossorção trata-se de um processo em que se utiliza biomassa vegetal ou micro-organismos, na retenção, remoção ou recuperação de metais pesados de um ambiente líquido. Define-se também quando a sorção dos metais dissolvidos está baseada na atividade química da biomassa microbiana ou do resíduo vegetal morto (VALESKY, 2001; BARROS *et al.*, 2006).

O maior desafio desse processo é encontrar a biomassa mais promissora para realização. Contudo, os microrganismos têm apresentado grande importância como ferramenta biotecnológica para a remediação de áreas contaminadas, tal como para o tratamento dos mais diversos tipos de resíduos (PEREIRA; FREITAS, 2012).

### 3.7 Tecnologias aplicando microrganismos

A utilização de microrganismos (bactéria e fungos) para realizar a remoção de contaminantes tóxicos do meio ambiente é nomeada de biorremediação. O princípio de todos os processos de biorremediação é propiciar um aumento na biodegradação e provocar um estímulo da atividade microbiana degradadora por diferentes mecanismos (MOLINA-BARAHONA *et al.*, 2004).

Em geral, os microrganismos nativos da subsuperfície podem desenvolver a capacidade de degradar contaminantes após longo período de exposição. Geralmente eles se adaptam em baixas concentrações de contaminantes e se encontram em regiões externas à pluma de contaminação (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

Para a determinação dos microrganismos nativos, os primeiros indícios podem ser obtidos através do estudo das colônias que habitam os ambientes contaminados. Coerentemente, se um grupo de organismos consegue proliferar em um local com altas concentrações de uma espécie poluente, existe uma maior probabilidade de que possua um sistema que lhe permita metabolizar esse contaminante (SOUZA *et al.*, 2010).

A maioria dos estudos de biorremediação foram realizados com bactérias, pois elas apresentam menor tempo de geração e maior versatilidade metabólica e enzimática quando comparadas aos demais grupos microbianos (MARTINS; MARTINS, 2013). Bactérias dos gêneros *Cupriavidus*, *Pseudomonas*, *Herbaspirillum* e *Strenotrophomonas* têm sido constantemente consideradas para o emprego de remoção de metais pesados (HORNINK, 2015; VICENTIN, 2017).

A biorremediação é uma técnica promissora que objetiva à minimização dos impactos antropogênicos e a reestruturação dos habitats naturais, por essa razão, merece atenção e incentivo quanto à sua utilização nos processos de recuperação ambiental (CARNEIRO; GARIGLIO, 2010).

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

### 4.1 Área de estudo

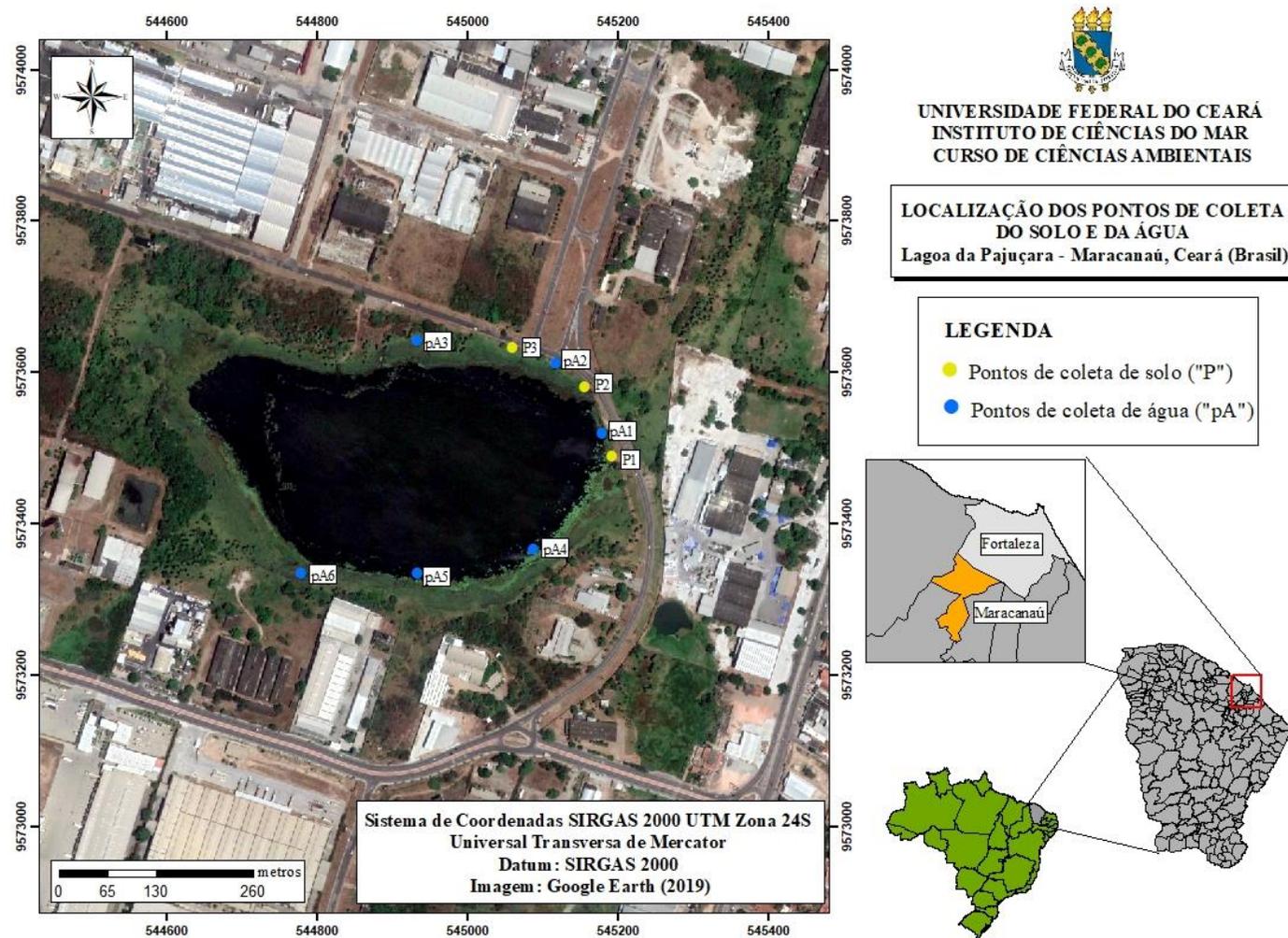
A Lagoa da Pajuçara, localizada no Distrito Industrial de Maracanaú (CE), pertence a bacia do Rio Cocó, encontra-se inserido num complexo de oito Lagoas que formam o espelho lacustre do município: Lagoa Jarí, Lagoa do Jaçanaú, Lagoa Raposa, Lagoas Japaba, Lagoa do Maracanaú, Lagoa do Acaracuzinho e Lagoa do Mingau.

A lagoa tem sua formação a partir de grandes precipitações do período chuvoso. Seu sangradouro, quando em capacidade máxima, contribui com o nível do Rio Timbó. Durante a sua cheia, as atividades de pesca e de lazer são intensificadas.

A maior problemática desse corpo hídrico é o lançamento de resíduos industriais na margem da formação lacustre e a presença intensa de lixo orgânico, tal como entulhos da construção civil e resíduos (como lacres, vidros e plásticos em geral) de algumas empresas que se situam nas redondezas (PEREIRA; PONTES FILHO; MARQUES, 2011).

Para coleta das amostras de solo foram escolhidos três pontos às margens do corpo hídrico, definidos de acordo com a acessibilidade no local, e para água, seis pontos. Os locais de coletas estão representados na figura 1.

Figura 1- Área de localização dos pontos de coleta do solo e da água.



Fonte: Autora.

## 4.2 Procedimento da coleta

Para execução do trabalho foram feitas duas coletas, ambas no período da manhã, sendo a primeira coleta em 31 de março de 2019 e a segunda em 02 de junho de 2019.

As amostras de solo foram coletadas com dez centímetros de profundidade e em seguida armazenada em sacos plásticos e mantidas em temperatura ambiente. Para as amostras de água, considerando que o processamento das amostras seria feito um dia após a coleta e a fim de conservar os microrganismos contidos, foram utilizadas seis garrafas de um litro para cada ponto, posteriormente filtradas em filtros improvisados de garrafa pet contendo gaze esterilizada, e por sua vez, armazenadas em um recipiente com solução conservante (água peptona, na primeira coleta, e solução salina a 0,85% na segunda).

## 4.3 Processamento da amostra

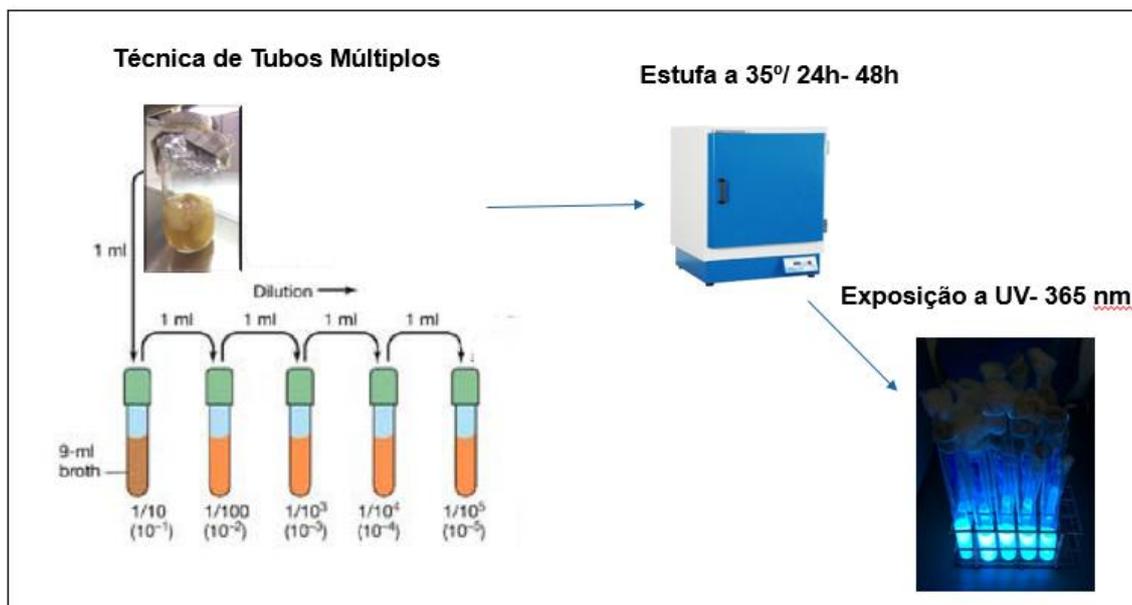
### 4.3.1 Água

As amostras foram processadas de acordo com a técnica de Tubos Múltiplos ou Número Mais Provável (NMP), que consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos (CETESB, 2018).

Para realização da técnica, foram feitas diluição seriada de  $10^{-1}$  até  $10^{-5}$  em salina (0,85%). Após as diluições, foram inoculados em tubos com 10 ml de caldo Lauryl Tryptose Broth c/ Mug contendo tubos de Durhan invertidos, numa sequência de 5 diluições ( $10^{-1}$  a  $10^{-5}$ ), e com 5 tubos em cada diluição. Depois de inoculados, os tubos foram incubados na estufa a 35°C por 48 horas.

Após o período de incubação, os tubos foram expostos a radiação ultravioleta (UV) 365 nm para identificar a presença de *E. coli*. A fluorescência azul com a exposição UV-365nm indica positividade do teste (FUNASA, 2013). Os resultados positivos foram anotados para consulta à tabela de NMP (FIGURA 2).

Figura 2- Fluxograma da técnica de tubos múltiplos e exposição à luz ultravioleta.

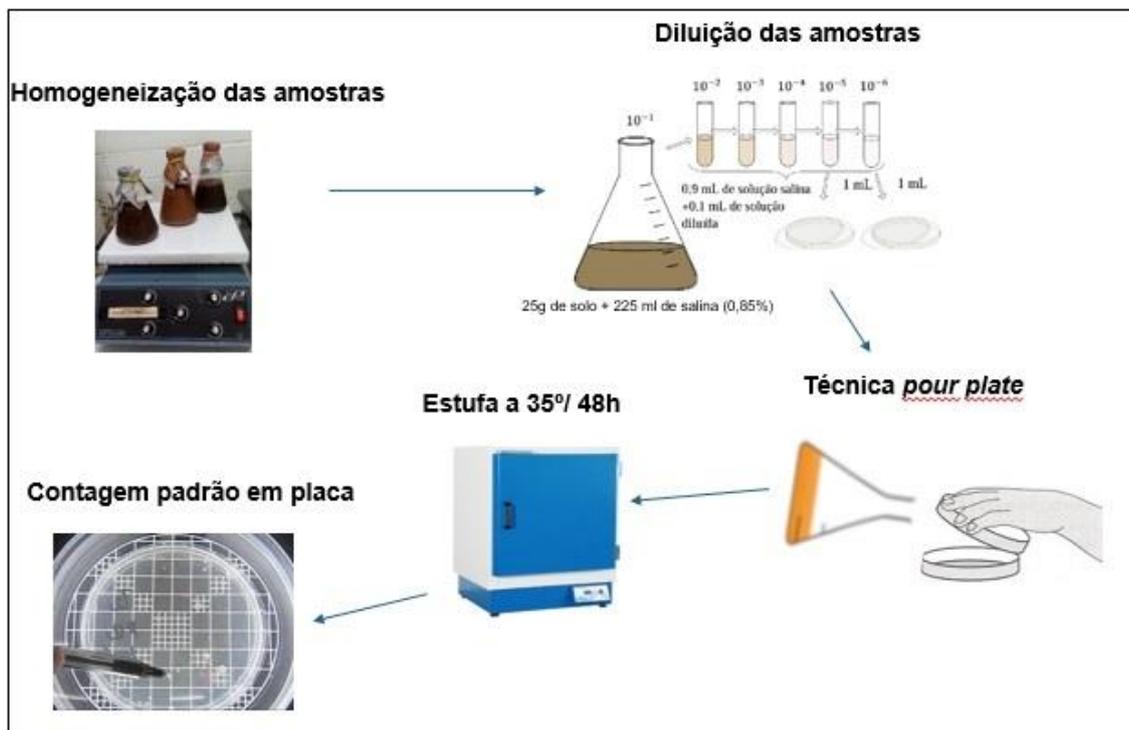


Fonte: Autora.

#### 4.3.2 Solo

Para processamento das amostras foram homogeneizados 25 gramas de solo em 225 ml de solução salina a 0,85% e feitas diluições seriadas da diluição 10<sup>-1</sup> até 10<sup>-5</sup> para cada ponto (P1, P2, P3). Em seguida, utilizando a técnica de plaqueamento em profundidade (*Pour Plate*), alíquotas de 1mL das diluições foram inoculadas em placas de Petri, em duplicata, e cobertas separadamente com os seguintes meios: meio de cultura *Plate Count Ágar* (PCA), para quantificação de Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC), meio de cultura *Ágar Luria Bertani* (LB) acrescido de 5 mg (diluído em 100 ml de água destilada) de Nitrato de Prata (AgNO<sub>3</sub>) e outro com *Ágar LB* contendo 5 mg (diluído em 100 ml de água destilada) de Cloreto de Mercúrio (HgCl<sub>2</sub>), para seleção de microrganismos tolerantes a esses metais, e por fim, incubadas em estufa a 35°C por 48h (SILVA *et al.*, 2010). A quantificação bacteriana foi realizada pelo método de Contagem Padrão em Placa (CPP), com placas contendo colônias no intervalo entre 25-250 (FIGURA 3).

Figura 3- Fluxograma que representa a diluição e plaqueamento das amostras de solo.



Fonte: Autora

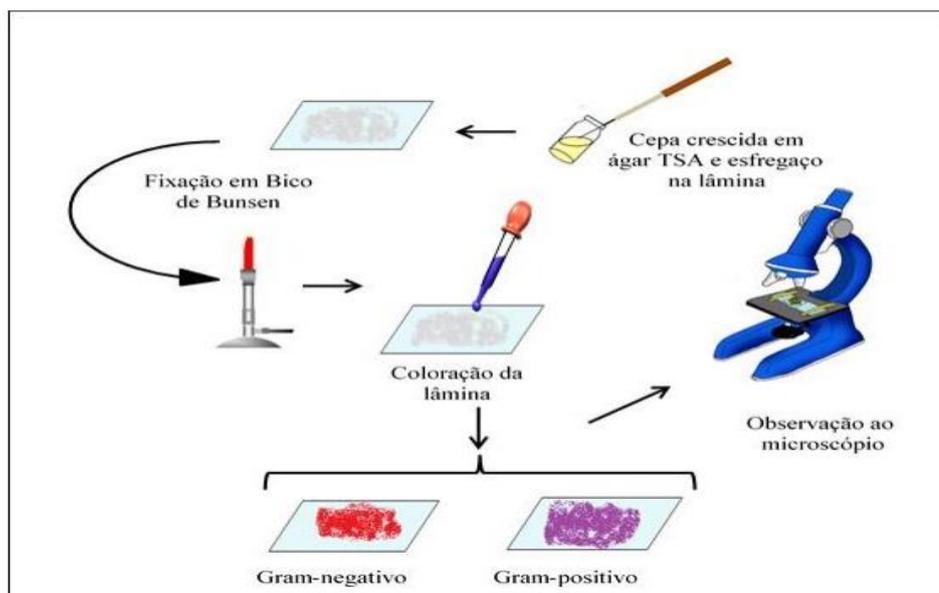
Pigmentação, tamanho e forma foram analisados para seleção e isolamento bacteriano. As bactérias foram isoladas em tubos de *Ágar Tripton de Soja* (TSA) e incubadas em estufa 35°C por 24h para estoque e identificação. Os isolados foram nomeados da seguinte maneira: ponto de coleta, metal contido no meio de cultura (NP para  $\text{AgNO}_3$  e CM para  $\text{HgCl}_2$ ) e o número da estirpe.

## 4.5 Identificação das estirpes

### 4.5.1 Características morfotintoriais

As características morfológicas e estruturais da parede celular dos microrganismos foram analisadas através da técnica de coloração de gram. Esse processo é um dos mais importantes métodos realizados em laboratórios de microbiologia, pois ele permite classificar às bactérias em dois grupos: gram-positivas ou gram-negativas, conforme a fixação ou não do corante à sua parede (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017) (FIGURA 4).

Figura 4- Fluxograma representando a técnica de coloração de gram.



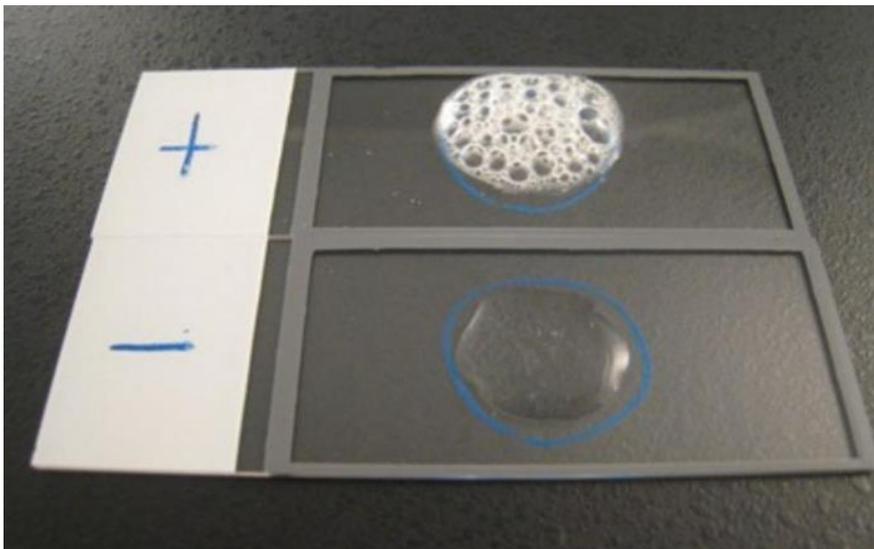
Fonte: Adaptado de SANTOS (2013)

#### 4.5.2. Características bioquímicas

O primeiro teste bioquímico realizado foi o da catalase. Esta prova consiste na detecção de microrganismo que produzem catalase, uma enzima que decompõe o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em água e oxigênio (ANVISA, 2004).

Com uma alça bacteriológica foi coletada e esfregada uma pequena quantidade da cultura bacteriana com 24h de crescimento em uma lâmina de vidro. Sobre o esfregaço foi colocado uma gota de água oxigenada a 3% e observado durante 1 minuto a formação de bolhas, indicando a positividade do teste (FIGURA 5).

Figura 5- Resultado do teste de catalase

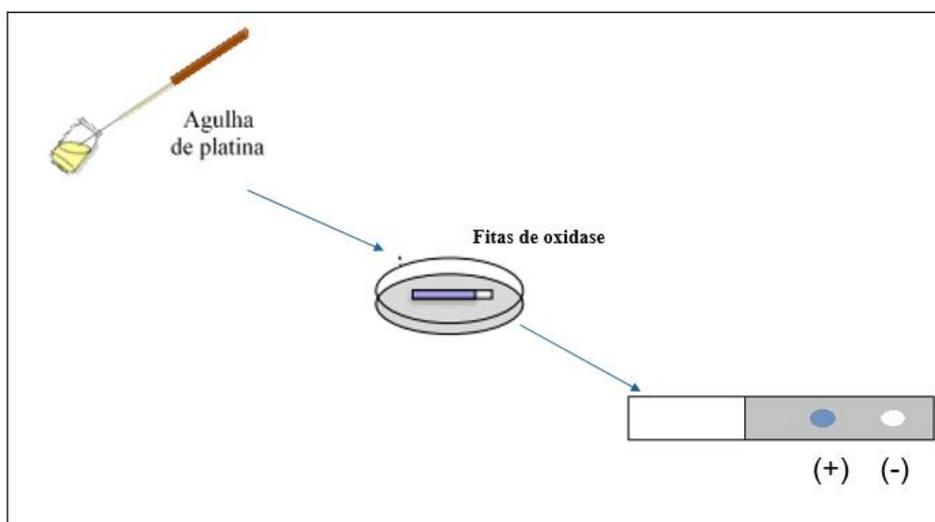


Fonte: REINER, 2010.

O segundo teste foi o da oxidase, que consiste na produção intracelular da enzima oxidase pela bactéria. Essa prova é muito útil em estudos preliminares para diferenciação de Enterobacteriaceae (negativas, exceto *Plesiomonas shigelloides*) de outras famílias como Aeromonadaceae, Pseudomonadaceae e Vibrionaceae, positivas nesse teste (ANVISA, 2004; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Com auxílio de uma agulha de platina foi colocado uma pequena quantidade de cultura sobre uma fita comercial (LABORCLIN) contendo reagente N, N, N, N-tetrametil- p-fenileno diamina mono- hidrocloreto e observado durante 1 minuto. A positividade do teste foi indicada pela mudança de coloração para azul (FIGURA 6).

Figura 6- Fluxograma do teste de oxidase.



Fonte: Autora.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Qualidade da água da lagoa

A lagoa da Pajuçara, segundo Resolução CONAMA nº 357, é classificada como água doce de classe 2. Esta classificação deverá sempre obedecer aos padrões de balneabilidade previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. As águas são consideradas impróprias quando um dos valores obtidos na última amostragem for superior a 2000 NMP *E. coli* por 100 ml; quando doenças por circulação hídrica apresentarem ocorrência relativamente elevada ou anormal; expor indícios de poluição por esgotos; indicar presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação; revelar, na água, presença de parasitas que afetem o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados e outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício de recreação de contato primário (BRASIL, 2000).

De acordo com os resultados encontrados, os pontos pA1, pA2, pA3, pA4 são impróprios para balneabilidade, pois seus valores estão acima do permitido. Portanto, essas águas não apresentam condições adequadas para atividades como natação, mergulho, bem como aquicultura, pesca e quaisquer atividades em que a população possa ter a vir contato direto (BRASIL, 2000).

O ponto que registrou valores mais elevados foi o pA2, com  $>1600/100$  ml na primeira coleta é de  $4,9 \times 10^5/100$  ml na segunda. O ponto de menor valor foi o pA5 com  $7,8 \times 10^2/100$  ml e  $< 1,8/100$  ml na primeira e segunda coleta, respectivamente. O NMP/ml de *E. coli* para cada ponto e coleta está exposto na tabela 1.

Tabela 1- Estimativa do número de bactérias *E. coli* nas amostras de água coletadas ao longo do perímetro da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú.

Local	NMP/ 100 ml	
	1º Coleta	2º Coleta
pA1	$1,6 \times 10^7$	$1,7 \times 10^3$
pA2	>1600	$4,9 \times 10^5$
pA3	$2,10 \times 10^6$	$7,9 \times 10^3$
pA4	$9,20 \times 10^2$	$7,9 \times 10^3$
pA5	$7,8 \times 10^2$	<1,8
pA6	$1,5 \times 10^4$	$4,5 \times 10^2$

Fonte: Autora.

Além de pA1, pA2 e pA3 apresentarem as maiores concentrações, são nessas áreas onde há maior atividade recreativa e pesca (Figura 7), indicando risco à saúde da população frequentadora desse manancial. Rego, Barros e Santos (2010) afirmam que a presença elevada de *E. coli* em lagoas indicam um risco potencial para o desencadeamento de doenças causadas por organismos patogênicos, já que *E. coli* é um microrganismo indicador presente em altas quantidades nas fezes de humanos e outros animais de sangue quente.

Figura 7- Pescadores na Lagoa na Pajuçara.



Fonte: Autora.

A ocorrência de *E. coli* como um indicador de poluição fecal está relacionada a condições ambientais e influências industriais. São encontradas normalmente em lagos expostos ao impacto de atividades humanas (KIMIRAM-ERDER *et al.*, 2015).

Observa-se que os valores obtidos, em geral, na primeira coleta são maiores que na segunda, período em que foram constatadas, segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), ocorrência de precipitações mais intensas em março com máximo de 453.4 mm e 245.6 mm no mês de junho. Isso ocorre, pois, períodos chuvosos contribuem para maior drenagem de águas contaminadas oriundas de ações antrópicas (KOLM; SIQUEIRA; MACHADO, 2016). Fato observado por Schurof *et al.* (2014), onde o parâmetro microbiológico *E. coli* foi altamente influenciado pela sazonalidade, na qual o escoamento superficial das chuvas aumentou consideravelmente os níveis de contaminação, principalmente nos lagos mais degradados.

Segundo Almeida (2005), é recorrente o avistamento de depósitos clandestinos de resíduos sólidos provenientes das indústrias às margens da lagoa da Pajuçara. Além do mais, nota-se uma forte relação entre poluição do solo e da água, através da disposição de efluentes líquidos industriais (provenientes de resíduos sólidos ou líquidos) sobre o solo sem que haja qualquer tipo de impermeabilização, acarretando também a poluição do aquífero e das águas superficiais.

## **5.2 Densidade populacional bacteriana**

A densidade populacional bacteriana, em ambas as coletas, do solo da margem da lagoa está apresentada na tabela 2. As maiores concentrações de Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC), Cloreto de Mercúrio (CM) e Nitrato de Prata (NP) foram, na primeira coleta, P1 com  $42 \times 10^5$  UFC/g, P3 com  $25 \times 10^3$  UFC/g e P3 com  $51,5 \times 10^4$  UFC/g, respectivamente. Na segunda coleta, o resultado de maior concentração para BHC foi em P1 com  $54,5 \times 10^5$  UFC/g, CM em P3 com  $83 \times 10^3$  UFC/g e NP em P1 com  $15,2 \times 10^5$  UFC/g.

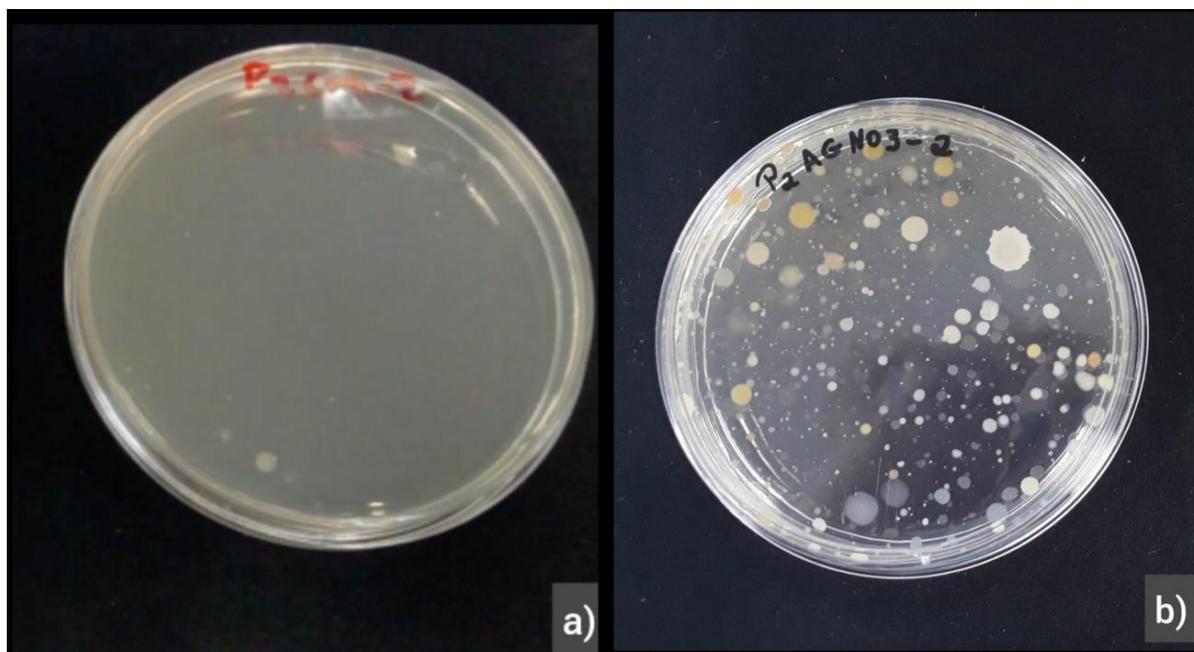
Tabela 2– Número de bactérias cultiváveis totais e resistentes a metais pesados mercúrio e prata nas amostras de solo coletadas às margens da lagoa de Pajuçara, Maracanaú- CE.

Mês da coleta	Pontos	Número de Unidades Formadoras de Colônia por grama de solo (UFC/ g)		
		BHC	CM	NP
Março	P1	$42 \times 10^5$	$13,95 \times 10$	$41,5 \times 10^4$
	P2	$14,8 \times 10^5$	$2,6 \times 10^3$	$23,1 \times 10^4$
	P3	$93 \times 10^4$	$25 \times 10^3$	$51,5 \times 10^4$
Junho	P1	$54,5 \times 10^5$	$93,5 \times 10^2$	$15,2 \times 10^5$
	P2	$17,2 \times 10^5$	$84,5 \times 10^2$	$22 \times 10^4$
	P3	$35,9 \times 10^4$	$83 \times 10^3$	$34,5 \times 10^4$

Fonte: Autora. BHC: Bactérias Heterotróficas Cultiváveis; CM: Cloreto de Mercúrio; NP: Nitrato de Prata.

Nota-se que o crescimento das bactérias foi mais abundante nos meios seletivos para as populações resistentes a prata do que mercúrio (Figura 8). Entretanto, o crescimento seletivo desses subgrupos resistentes a metais pesados nos mostra densidades populacionais bem próximas das bactérias heterotróficas cultiváveis nas mesmas amostras.

Figura 8- Crescimento bacteriano em placas contendo Cloreto de Mercúrio (CM) e Nitrato de Prata (NP).



Fonte: Autora. a) Placa com Cloreto de Mercúrio (CM); b) Placa com Nitrato de Prata (NP).

As concentrações obtidas são relativamente numerosas, já que tanto NP quanto CM são agentes bactericidas. Portanto, as bactérias desse ambiente podem ser indicadoras da pressão seletiva pelo aporte de metais pesados nas águas. Outro problema relacionado ao aumento da população bacteriana exposta a metais pesados é a co-seleção de resistência a antibióticos (SEILER; BERENDONK, 2012).

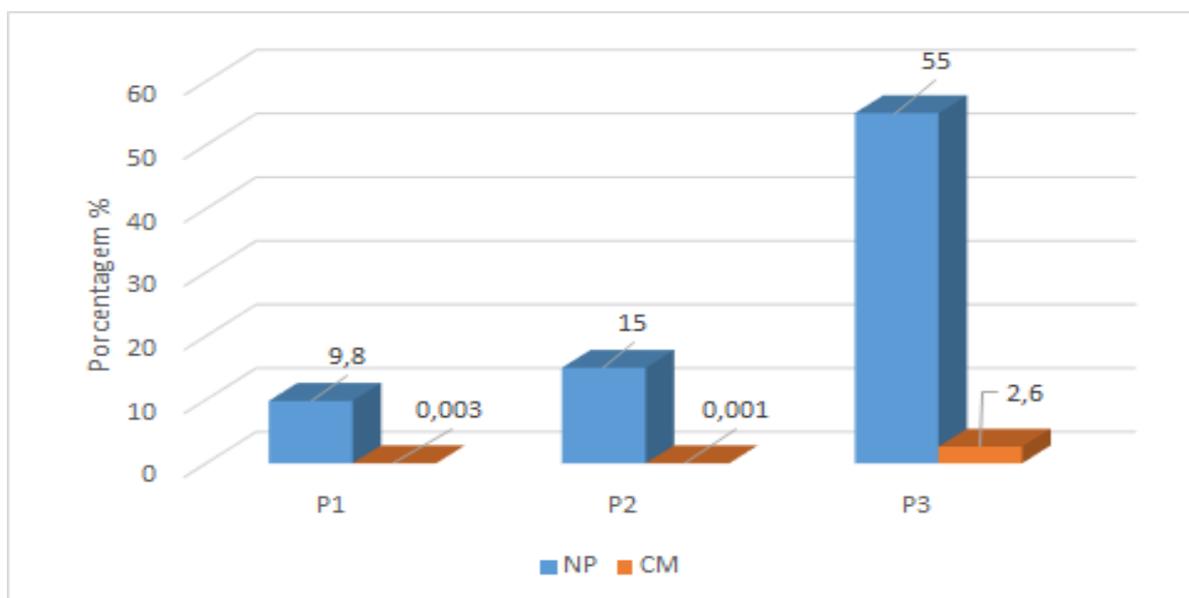
A propriedade mais importante que explica grande parte dos danos biológicos causados é a interação de íons de prata e mercúrio com grupos tiol em enzimas e proteínas, desempenhando um papel essencial em sua ação antimicrobiana (ROCHA, 2009).

Bactérias podem manifestar resistência a agentes antibacterianos por meio de vários mecanismos, tais como, biofilme, produção de sideróforos, o sequestro extracelular (biossorção) e intracelular (bioacumulação) de metais (TENOVER, 2006; COSTA; JUNIOR, 2017).

Com diversos mecanismos de ação é possível identificar que as células bacterianas têm capacidades inatas ou especializadas de se defender contra agentes tóxicos. Além disso, tanto microrganismos patogênicos como microrganismos do ambiente apresentam mecanismos de defesa e desenvolvimento (CAUMO *et al.*, 2010).

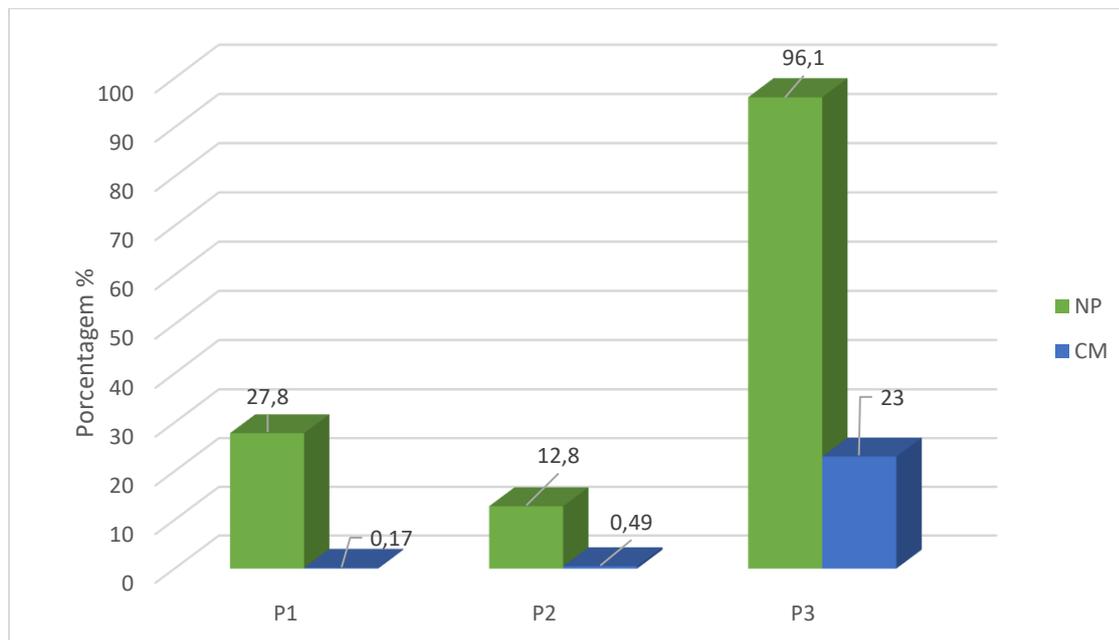
Nos gráficos 1 e 2 estão expressas as relações BHC/NP e BHC/CM da primeira e segunda coleta, respectivamente.

Gráfico 1- Números relativos das populações resistentes a prata e mercúrio nas amostras do solo coletadas às margens da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú – CE, na primeira coleta.



Fonte: Autora. P1: ponto 1; P2: ponto 2; P3: ponto 3; BHC: Bactérias Heterotróficas Cultiváveis; CM: Cloreto de Mercúrio; NP: Nitrato de Prata.

Gráfico 2- Números relativos das populações resistentes a prata e mercúrio nas amostras do solo coletadas às margens da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú – CE, na segunda coleta.



Fonte: Autora. P1: ponto 1; P2: ponto 2; P3: ponto 3; BHC: Bactérias Heterotróficas Cultiváveis; CM: Cloreto de Mercúrio; NP: Nitrato de Prata.

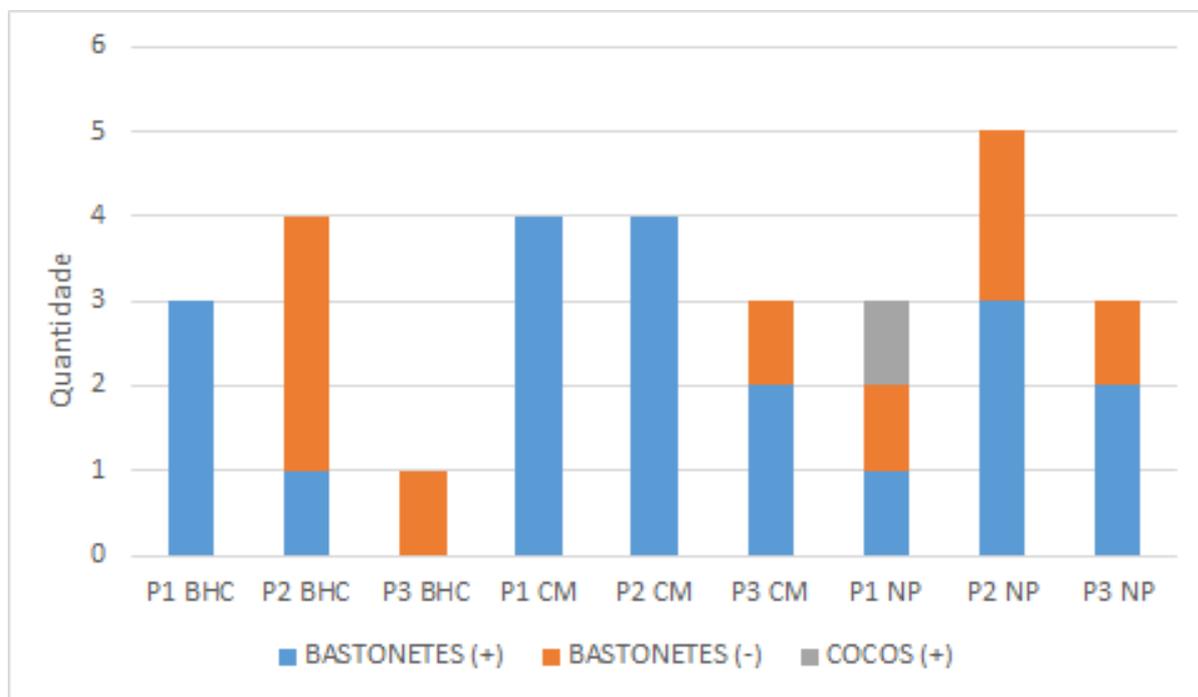
As relações BHC/NP e BHC/CM foram maiores na segunda coleta. P3 NP destaca-se por apresentar as maiores relações (BHC/NP), 96,1% na primeira coleta e 55% na segunda. Para o CM os maiores resultados foram em P3 com 2,6% e 23%, por ordem de coleta. Significa dizer, que num total de bactérias heterotróficas cultiváveis uma parcela desses microrganismos são capazes de tolerar concentrações de prata e mercúrio.

Segundo Ellis *et al.* (2003), a exposição dos microrganismos aos metais pesados estimula o desenvolvimento de tolerância pela comunidade, exercendo pressão e resistência a esses elementos por esses organismos.

### 5.3 Identificação morfofotintorial e bioquímica das estirpes

Das 30 estirpes isoladas na primeira coleta, somente uma apresentou morfologia cocos gram-positivo, enquanto que as demais apresentaram morfologia de bastonetes gram-positivos e gram-negativos. Do grupo BHC são, 4 bastonetes gram-positivos e 4 bastonetes gram-negativos; grupo CM, 10 bastonetes gram-positivos e 1 bastonete gram-negativo e do grupo NP, 6 bastonetes gram-positivos, 4 bastonetes gram-negativos e 1 cocos gram-positivos. A caracterização morfofotintorial está exposta no gráfico 3.

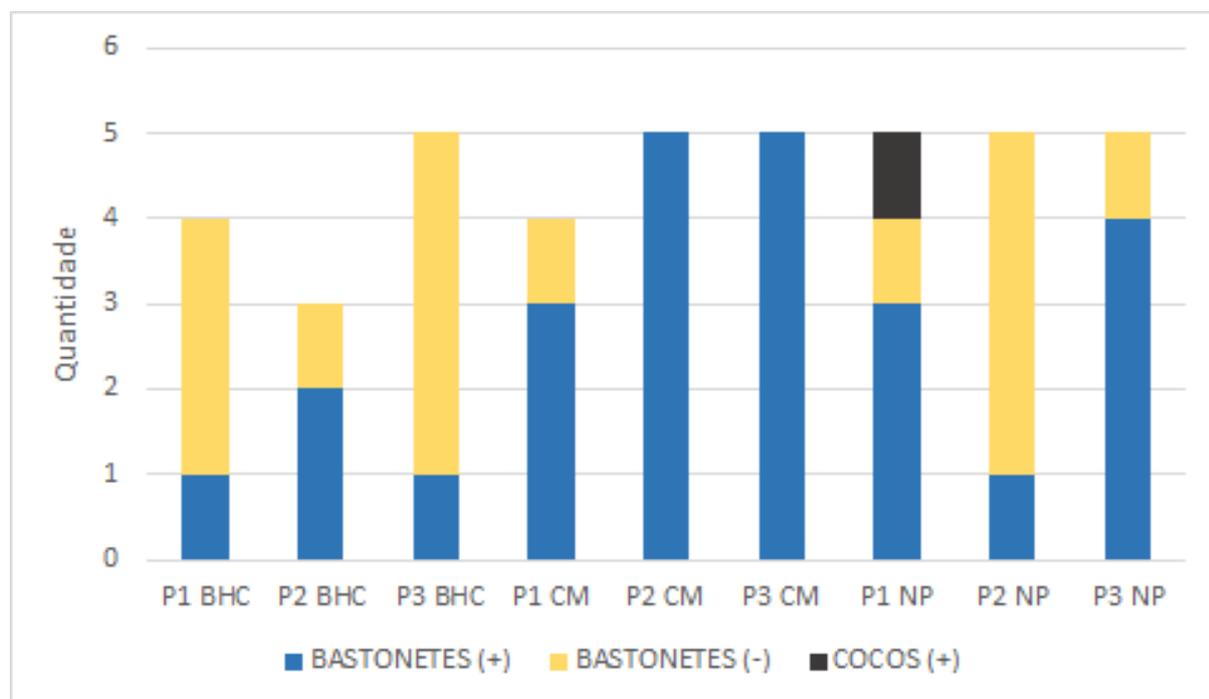
Gráfico 3- Morfologia celular e características tintoriais de culturas bacterianas isoladas das amostras do solo na Lagoa da Pajuçara na primeira coleta de acordo com a sub-população de origem.



Fonte: Autora. P1: ponto 1; P2: ponto 2; P3: ponto 3; BHC: Bactérias Heterotróficas Cultiváveis; CM: Cloreto de Mercúrio; NP: Nitrato de Prata.

Na segunda coleta 41 estirpes foram isoladas, e similarmente a coleta anterior, somente 1 cocos positivos. O grupo BHC contém 4 bastonetes positivos, 10 bastonetes negativos; Grupo CM tem 13 bastonetes positivos, 1 bastonete negativo e o grupo NP há 8 bastonetes positivos, 6 bastonetes negativos e 1 cocos positivos. No gráfico 4 é possível verificar a caracterização morfotintorial.

Gráfico 4- Números relativos das populações resistentes a prata e mercúrio nas amostras de solo coletadas às margens da Lagoa da Pajuçara, Maracanaú – CE, na segunda coleta.



Fonte: Autora. P1: ponto 1; P2: ponto 2; P3: ponto 3; BHC: Bactérias Heterotróficas Cultiváveis; CM: Cloreto de Mercúrio; NP: Nitrato de Prata.

As bactérias do grupo CM apresentam-se majoritariamente bastonetes positivos. Esse resultado se contrapõe aos de Nakamura *et al.* (2001), ao isolarem 55 bactérias resistentes ao mercúrio, observaram que somente 4 isolados eram Gram-positivos.

No ponto P1, tanto para primeira como para segunda coleta, observa-se uma diversidade de morfologia e parede celular que não se encontra nos demais pontos quando usado meio seletivo com NP. A contaminação por metais pesados pode produzir diferentes padrões de comunidade microbiana, com exposição a longo prazo, ocorre uma seleção de microrganismos que conseguem se adaptar a ambientes afetados por essas substâncias (CHU, 2018).

Na tabela 3 estão apresentados os resultados da caracterização morfotintorial e bioquímica de cada isolado originário da primeira coleta.

Tabela 3- Característica morfológica e bioquímica das estirpes 1º coleta.

<b>Estirpe</b>	<b>Morfologia</b>	<b>Gram</b>	<b>Catalase</b>	<b>Oxidase</b>
P1 BHC 1	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 BHC 3	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 BHC 4	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 BHC 1	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Positiva (+)
P2 BHC 2	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 BHC 4	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 BHC 5	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 BHC 2	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 1	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 2	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 3	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 5	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 1	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 3	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 4	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 5	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 2	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 3	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 5	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 1	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 3	Cocos	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 4	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 1	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 2	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 3	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 4	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 5	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 NP 1	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 NP 4	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Positiva (+)
P3 NP 5	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)

Fonte: Autora

Todas as estirpes isoladas apresentaram característica de catalase positiva. Essa enzima catalase é um mecanismo de defesa antioxidante que apresenta elevada atividade quando o organismo se encontra em estresse oxidativo (COGO *et al.*, 2009). Quanto à característica oxidase, somente duas apresentaram resultado positivo.

Os mesmos resultados para os isolados na segunda coleta estão apresentados na próxima tabela 4.

Tabela 4- Característica morfotintorial e bioquímica das estirpes 2º coleta.

<b>Estirpe</b>	<b>Morfologia</b>	<b>Gram</b>	<b>Catalase</b>	<b>Oxidase</b>
P1 BHC 6	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 BHC 7	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Positiva (+)
P1 BHC 9	Bastonetes	Negativo (-)	Negativa (-)	Negativa (-)
P1 BHC 10	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 BHC 7	Bastonetes	Positivo (+)	Negativa (-)	Negativa (-)
P2 BHC 8	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 BHC 9	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 BHC 6	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 BHC 7	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 BHC 8	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 BHC 9	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 BHC 10	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 6	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 8	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 9	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 CM 10	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 6	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 7	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 8	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 9	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 CM 10	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 6	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 7	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 8	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 9	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 CM 10	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 6	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 7	Cocos	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 8	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 9	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P1 NP 10	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 6	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 7	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 8	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P2 NP 9	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Positiva (+)
P2 NP 10	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 NP 6	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 NP 7	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Positiva (+)
P3 NP 8	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 NP 9	Bastonetes	Positivo (+)	Positiva (+)	Negativa (-)
P3 NP 10	Bastonetes	Negativo (-)	Positiva (+)	Negativa (-)

Fonte: Autora.

Pode-se verificar que da mesma forma que os isolados da primeira coleta estes são predominantemente produtores da enzima catalase. A maioria dos isolados da segunda coleta apresentaram oxidase negativa, com exceção da P1 BHC7 e P2 BHC8.

Metais criam estresse fisiológico levando a geração de radicais livres. Em organismos resistentes, as condições de estresse podem melhorar os processos de proteção, como acumulação de solutos compatíveis e aumento da atividade de enzimas (PANDEY; BARAI; MAITI, 2013).

Bactérias tolerantes possuem essa enzima bem protegida e mantém sua atividade funcional na presença de metais. Essa proteção é importante porque, o peróxido de hidrogênio se acumula, na ausência dessa enzima, podendo ser letal (SILVA *et al.*, 2012).

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com os valores obtidos no estudo, os pontos pA1, pA2, pA3 e P4 estão acima dos parâmetros de balneabilidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/00 para presença de bactérias *E. coli*. Dado preocupante, pois são nessas áreas onde há maior contato da população com o corpo hídrico, além do mais, atividade de pesca também é intensa, principalmente nos períodos de cheia.

As contagens usando meios diferenciais revelou uma densidade populacional de bactérias resistentes a metais pesados elevada com relação a populações de bactérias cultiváveis totais, o que pode ser um indicativo da pressão por poluentes desse tipo sofrida pelo corpo hídrico.

As estirpes isoladas foram majoritariamente catalase positiva e oxidase negativa, com poucas exceções

A Lagoa da Pajuçara apresenta uma grande importância ecológica e social. Comparada a outras lagoas da cidade possui uma vegetação bem conservada e a presença de diversas espécies de fauna é bastante considerável. O manancial possui um imenso valor histórico, pois o povoamento do município deu-se início em seu entorno. Seu uso mais comum é para atividades de lazer, além disso, é uma grande fonte de renda para população local que através da pesca obtém o seu sustento. Diante disso, são indispensáveis a proteção e a valorização desse bem natural para manutenção e harmonização do ecossistema.

## REFERÊNCIAS

ADDEY, C. I. *et al.* Heavy metals pollution index of surface water from Commodore channe, Lagos, Nigeria. **African Journal of Environmental Science and Technology**. [s.l.], v. 12, n. 6, p. 191-197, 2018. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/a913/18986ca717bf0537f7dda63d748a3097be2f.pdf>>. Acesso em: 15 June 2019.

ANVISA. **Descrição dos meios de cultura empregado nos exames microbiológicos**. Disponível em: <Bioprospecção e avaliação do potencial biotecnológico de bactérias degradadoras de agrotóxicos isoladas do rio Pacotí- Ce>. Acesso em: 5 jun. 2019.

ALMEIDA, L. Q. Diagnóstico socioambiental e contribuições para o planejamento ambiental do município de Maracanaú - CE. **Caminhos de Geografia**, [online], v. 11, n. 15 p. 108-125, 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15392/8691>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

ANDRADE, J. A; AUGUSTO, F; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**. São Paulo, v. 35, n. 3, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46702010000300002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702010000300002)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

AZAM, M. *et al.* Estudo da resistência a pandrulas e metais pesados entre E. coli do trecho de Yamuna do rio, influenciado por impactos antropogênicos. **Brazilian Journal Microbiology**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. , 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-83822018000300471&script=sci\\_arttext&tlng=e](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-83822018000300471&script=sci_arttext&tlng=e)>. Acesso em 03 jul. 2019.

BALL, M. M. *et al.* Mercury Resistance in bacterial strains isolated from Tailing Ponds in a Gold Mining area near el Callao (Bolívar State, Venezuela). **Current Microbiology**. [S.l.], v. 54, n. 7, p. 149-150, 2007. Disponível:<[https://www.researchgate.net/publication/6599752\\_Mercury\\_Resistance\\_in\\_Bacterial\\_Strains\\_Isolated\\_from\\_Tailing\\_Ponds\\_in\\_a\\_Gold\\_Mining\\_Area\\_Near\\_El\\_Callao\\_Bolivar\\_State\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/6599752_Mercury_Resistance_in_Bacterial_Strains_Isolated_from_Tailing_Ponds_in_a_Gold_Mining_Area_Near_El_Callao_Bolivar_State_Venezuela)>. Acesso em: 2 jul. 2019.

BARON, J. L. *et al.* Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. **Ecological applications**. Washington, DC, v. 12, n. 5, p. 1247- 1260, 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/246801761\\_Meeting\\_Ecological\\_and\\_Societal\\_Needs\\_for\\_Freshwater](https://www.researchgate.net/publication/246801761_Meeting_Ecological_and_Societal_Needs_for_Freshwater)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BARROS, A. J. M. Estudo termogravimétrico do processo de sorção de metais pesados por resíduos sólidos orgânicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 184-190, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n2/30479.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

BARROS JÚNIOR, L. M. **Biosorção de metais pesados presentes em águas de produção da indústria de petróleo**. 2001, 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2001. Disponível em: <[http://www.nupeg.ufrn.br/documentos\\_finais/dissertacoes\\_de\\_mestrado/dissertacoes/laerte.pd](http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finais/dissertacoes_de_mestrado/dissertacoes/laerte.pd)>

f>. Acesso em: 9 jun. 2019.

BARROS, Y. J. *et al.* Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v. 32, n.4, p. 1763-1773, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000400041&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000400041&lang=pt)>. Acesso em: 22 abr. 2019.

BITTAR, D. B. Determinação dos metais pesados Cd, Cu, Cr e Pb nas águas do rio Uberabinha e proposta de adsorção por adsorventes naturais. 2008, 71 f. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, 2008. Disponível em: < <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17295/1/Dayana.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.

BORGES JÚNIOR, M. *et al.* Valores de referência local e avaliação da contaminação por zinco em solos adjacentes a áreas mineradas no município de Vazante-MG. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.31, p. 2883-2893, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000700036&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000700036&lang=pt)>. Acesso em: 03 maio 2019.

BRASIL. CONAMA. **Resolução n.º 274, de 29 de novembro de 2000**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 23 mar. 2007.

BRASIL. CONAMA. **Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2007.

BRASIL. CONAMA. **Resolução n.º 420, de 28 de janeiro de 2009**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 23 mar. 2007.

BUENO, B. Y. M. **Remoção de Pb, Cr e Cu por Processo Combinado Biossorção/Bioflotação utilizando a Cepa Rhodococcus Opacus**. 2007, 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais), Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[http://pct.capes.gov.br/teses/2007/969112\\_5.PDF](http://pct.capes.gov.br/teses/2007/969112_5.PDF)>. Acesso em: 12 jun. 2019.

BURBARELLI, A. R. C. **Avaliação da qualidade da água subterrânea e microbiologia do solo em área irrigada com efluente de lagoa anaeróbia**. 2004, 114 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2004. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257781/1/Burbarelli\\_RodrigoCarminatti\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257781/1/Burbarelli_RodrigoCarminatti_M.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CARNEIRO, D. A.; GARIGLIO, L. P. A Biorremediação como ferramenta para a descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos. **Revista Tecer**. Belo Horizonte, v. 3, n. 4, p. 82-95, 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/276859728\\_A\\_Biorremediacao\\_como\\_Ferramenta\\_para\\_a\\_Descontaminacao\\_de\\_Ambientes\\_Terrestres\\_e\\_Aquaticos](https://www.researchgate.net/publication/276859728_A_Biorremediacao_como_Ferramenta_para_a_Descontaminacao_de_Ambientes_Terrestres_e_Aquaticos)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

CARVALHO, M. S. *et al.* Concentração de metais no rio Doce em Mariana, Minas Gerais, Brasil. **Acta Brasiliensis**. [Paraíba], v. 1, n. 3, p. 37-41, 2017. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/download/58/29/>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CAUMO, K. *et al.* Resistência bacteriana no meio ambiente e implicações na clínica hospitalar. Revista Liberato. **Novo Hamburgo**, v. 11, n. 16, p. 89-188, 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/327443050\\_Resistencia\\_bacteriana\\_no\\_meio\\_ambiente\\_e\\_implicacoes\\_na\\_clinica\\_hospitalar](https://www.researchgate.net/publication/327443050_Resistencia_bacteriana_no_meio_ambiente_e_implicacoes_na_clinica_hospitalar)>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CETESBE. **Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos**. São Paulo. 2018. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM\\_-NTC-L5.202\\_5%C2%AAed-\\_dez.-2018.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM_-NTC-L5.202_5%C2%AAed-_dez.-2018.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2018.

CHAHUAN, A. *et al.* In -Vitro Antibiotic Resistance and Heavy Metal Tolerance Patterns of Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria Isolated From Effluent Treated Water of Delhi, India. **Journal of Current Pharma Research**. [S.l.], v. 5, n. 2, p. 1449-1458, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/301888878\\_in-vitro\\_antibiotic\\_resistance\\_and\\_heavy\\_metal\\_tolerance\\_patterns\\_of\\_gram-positive\\_and\\_gram-negative\\_bacterial\\_isolated\\_from\\_effluent\\_treated\\_water\\_of\\_Deli\\_india](https://www.researchgate.net/publication/301888878_in-vitro_antibiotic_resistance_and_heavy_metal_tolerance_patterns_of_gram-positive_and_gram-negative_bacterial_isolated_from_effluent_treated_water_of_Deli_india)>. Acesso em: 2 jul. 2019.

CHU, D. Effects of heavy metals on soil microbial community. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. [S.l.], v. 113, n. 9, p. 48- 50, 2018. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/113/1/012009/meta>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

COGO, A. J. Utilização de enzimas do estresse oxidativo como biomarcadoras de impactos ambientais. **Natureza online**. [online], v. 7, n. 1, p. 37-42, 2009. Disponível em: <[http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/08\\_CogoAJDetal\\_3742.pdf](http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/08_CogoAJDetal_3742.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

COSTA, A. F. S. *et al.* Recursos hídricos. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n. 15, p. 67-73, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/viewFile/201/126>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

COSTA, A. L. P; JUNIOR, A. C. S. S. Resistência bacteriana aos antibióticos e Saúde Pública: uma breve revisão de literatura. **Estação Científica**. Macapá, v. 7, n. 2, p. 45-57, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/viewFile/2555/andersonv7n2.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

COSTA, C. *et al.* Casos paradigmáticos sobre contaminação provocada por chumbo em várias regiões do mundo. In: **Projeto Santo Amaro - BA, aglutinando ideias, construindo soluções: diagnósticos**. 2012. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. Cap.14, p.191-221. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/939>>. Acesso em: 30 maio 2019.

- COSTA, C. T; SANTOS, E. F; TAVARES, P. L. R. Potencialidade da contaminação por metais pesados procedente da indústria galvânica no município de Juazeiro do Norte/CE. *In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. 15., 2008, Natal, **Anais...** Natal: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2008. p. 1-10.
- COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: considerações gerais e características de utilização. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 15, n. 1, p. 103-117, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/slul/v15n1/v15n1a08.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- DRUMOND, S. N *et al.* Identificação molecular de Escherichia coli diarreio gênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região do Alto Doce. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 23, n.3, 2018. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n3/1809-4457-esa-23-03-579.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- ELLIS, R. J. *et al.* Cultivation dependant and independent approach for determing bacterial diversity in heavy-metal contaminated soil. **Applied Environmental microbiology**. [S. l]. v. 69, p. 3223-3230, 2003. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12788719>>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- EL-SHAYED, H. E. M; EL-SHAYED, M. M. Assessment of food processing and Pharmaceutical industrial wastes as potential biosorbents: a review. **BioMed Research International**. [S.l]. v. 2014, p. 1-24, 2014.
- FERNANDES, R. B. A. *et al.* Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**. Campina Grande, v.11, n.1, p. 81-93, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662007000100011&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000100011&lang=pt)>. Acesso em: 21 abr. 2019.
- FREITAS, M. B; BRILHANTE, O. M; ALMEIDA, L. M. Importância da análise da água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n 3, p. 651-660, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n3/4647.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- FUNASA. **Manual prático de análise de água**. Brasília. 2013. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- GUILHERME, L. R. G. *et al.* Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. *In: TORRADO-VIDAL. et al. (org). Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4. p.345-390, 2005. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/230683147\\_ELEMENTOS-TRACO\\_EM\\_SOLOS\\_E\\_SISTEMAS\\_AQUATICOS](https://www.researchgate.net/publication/230683147_ELEMENTOS-TRACO_EM_SOLOS_E_SISTEMAS_AQUATICOS)>. Acesso em: 28 maio 2019.
- GODOY, M. **Aspectos toxicológicos dos metais**. 2018. Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/43971756/aspectos-toxicologicos-dos-metais>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

GOMES, G. **Multirresistência de Enterococcus sp isolados do Lago Igapó na cidade de Londrina- PR.** 2015, 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5311/1/LD\\_COEAM\\_2015\\_1\\_06.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5311/1/LD_COEAM_2015_1_06.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

GOMES, M. A. F. **Água: sem ela seremos o planeta marte de amanhã.** 2011. Disponível em: <[http://webmail.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

GUNATILAKE, S. K. Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. **Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies.** [S. l.], v. 1, n. 1, p. 12- 18, 2015. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/428f/d34c37f3b95900d80119e5726d3e17a73ace.pdf>> Acesso em: 12 jun. 2019.

GUPTA, A. Microbes as Potential Tool for Remediation of Heavy Metals: A Review. **Journal of Microbial & Biochemical Tachnology.** [S. l.], v. 8, n. 4, p. 364-372, 2016. Disponível em: <<https://www.longdom.org>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

HORNINK, K. R. **Isolamento e identificação de bactérias com potencial para realizar biorremediação de cobre.** 2015, 30 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-07032016-112408/pt-br.php>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

KIMIRAM-ERDER, A. *et al.* Determination of multiple antibiotic and heavy metal resistance of the bacteria isolated from the Küçükçekmece lagoon, Turkey. **Polish Journal Environmental Studies.** [S. l.] v. 24, N. 3, p. 1077-1084, 2015. Disponível em: <<http://www.pjoes.com/Determination-of-Multiple-Antibiotic-and-Heavy-Metal-Resistance-of-the-Bacteria-Isolated-from-the-Kucukcekmece-Lagoon-Turkey,50839,0,2.html>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

KOLM, H. E; SIQUEIRA, A; MACHADO, E. C. Influência da pluviosidade na qualidade da água de dois sangradouros do litoral do paraná, brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology.** Itajaí, v. 20, n. 2, p. 1- 11, 2016. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/bjast/article/download/7843/5315>. Acesso em: 17 jun. 2019.

LACERDA, L.D. Contaminação por mercúrio o Brasil: fontes industriais vs garimpo de ouro. **Química Nova.** São Paulo, v. 20, n. 2, p.196-199, 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010040421997000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040421997000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 18 jun. 2019.

LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgoto doméstico em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA.** 2004, 94 f. Dissertação (Mestrado em saúde pública), Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz, 2004. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4619/2/711.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

LIMA E SILVA, A. A. de *et al.* Heavy metal tolerance (Cr, Ag and Hg) in bacteria isolated from sewage. **Brazilian Journal Microbiology,** São Paulo , v. 43, n. 4, p. 1620-1631, 2012 .

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-83822012000400047&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822012000400047&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 17 jun. 2019.

LIMA, V. F; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química nova na escola**. [São Paulo], v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011. Disponível em: <[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33\\_4/199-CCD-7510.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_4/199-CCD-7510.pdf)>. Acesso em: 31 maio 2019.

MARTINS, S. C. S; MARTINS, C. M. Bactérias diazotróficas: potencial para biorremediação de ambientes impactados. **Enciclopédia Biosfera- Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 2008-2024, 2013. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20BIOLOGICAS/BACTERIAS.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MARZAN, L. W. *et al.* Isolation and biochemical characterization of heavy-metal resistant bacteria from tannery effluent in Chittagong city, Bangladesh: Bioremediation viewpoint. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, [S.l.] v. 34, n. 17, p. 65-74, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428516300851&ved=2ahUKewiNzMjXmKPjAhWjB9QKHx0VAb8QFjAAegQIAhAB&usg=AOvVaw2S5mJ5YB>>. Acesso em 03 jul. 2019.

MICARONI, R. C. C. M; BUENO, M. I. M. S; JARDIM, W. F. compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química nova**. São Paulo, v. 23, n. 4, p. 487-495, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2648.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual Técnico de Diagnóstico Laboratorial da Salmonella spp**. Brasília. 2011. Disponível em: <<http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/dezembro/15/manual-diagnostico-salmonella-spp-web.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

MOLINA-BARAHONA, L. *et al.* Diesel removal from contaminated soils by biostimulation and supplementation with crop residues. **Applied Soil Ecology**. [S. l.] v. 27, n. 2, p. 165-175, 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/222649422\\_Diesel\\_removal\\_from\\_contaminated\\_soils\\_by\\_biostimulation\\_and\\_supplementation\\_with\\_crop\\_residues](https://www.researchgate.net/publication/222649422_Diesel_removal_from_contaminated_soils_by_biostimulation_and_supplementation_with_crop_residues)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Qualidade da água para consumo**. Brasília, 2018. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade\\_agua\\_consumo\\_humano\\_cartilha\\_promocao.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.

MORAIS FILHO, M. C; CORIOLANO, A. C. F. Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. **Holos**, [Natal], v. 7, p. 133-146, 2016. Disponível em: <<https://www.google.com/url?q=http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4278/1594&sa=D&ust=1561388419761000&usg=AFQjCNF9PvCrrHrAxguyOcQUbdhMCLVD1g>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro. ABES, 2006. 34 p.

MUNIZ, D. H. F; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1 / 2, p. 83-100, [Brasília], 2006. Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/cienciasaude/article/view/24/40>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MUSTAPHA, M.U; HALIMOON, N. Screening and isolation of heavy metal tolerant bacteria in industrial effluent. **Procedia Environmental Sciences**. [S.l.], v. 30, n. 17, p. 33-37, 2015. Disponível em: < [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Acesso em: 2 jul. 2019.

NAKAMURA, K; IWAHARA, M; FURUKAWA, K. Screening of organomercurial-volatilizing bacteria in the mercury-polluted sediments and seawater of Minamata Bay in Japan. **Clean Products and Processes**. v. 3, n. 2, p. 104-107, 2001. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s100980100107>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

NASCIMENTO, T. F. V. O; GONZALEZ, F. G. Impactos do mangânes na saúde pública. **Revinter**. [s.l.], v. 11, n. 03, p. 32-53, 2018. Disponível em: <<http://revistarevinter.com.br/minhas-revistas/2018/v-11-n-3-2018-volume-11-numero-3-out-de-2018-sao-paulo/350-impactos-do-manganes-na-saude-publica/file>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

NOGUEIRA, T. A. R. **Disponibilidade de Cd em Latossolos e sua transferência e toxicidade para as culturas de alface, arroz e feijão**. 2012, 160f. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-22062012-091546/pt-br.php>>. Acesso em: 28 maio 2019.

OLIVEIRA, C. *et al.* Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e zinco na cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v. 29, n. 1, p. 109-116, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832005000100012&lang=pt#back1](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000100012&lang=pt#back1)>. Acesso em: 03 maio. 2019.

OLIVEIRA, G. M. T. *et al.* Concentração de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. [Rio de Janeiro], v. 23, n. 3, p. 599-605, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n3/1809-4457-esa-23-03-599.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

PANDEY, S; BARAI, P. K; MAITI, T. K. Influence of heavy metals on the activity of antioxidant enzymes in the metal resistant strains of *Ochrobactrum* and *Bacillus* sp. **Journal Environmental Biology**. v. 34, n. 6, p. 1033-1037, 2013. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24555333>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

PARADA, C. A. S. **Construção e caracterização de linhagens bacterianas Gram-negativas recombinantes com capacidade aumentada para biorremediar efluentes contaminados com mercúrio e arsênio**. 2012, 185 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Instituto de biomédicas, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-01062012085721/publico/CarolinaAngelicaSilvaParada\\_Doutorado.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-01062012085721/publico/CarolinaAngelicaSilvaParada_Doutorado.pdf)>. Acesso em 03 jul. 2019.

PASCALICCHIO, A. A. E. **Contaminação por metais pesados**; saúde pública e medicina ortomolecular. 1. ed. São Paulo: Annablume Editora, 2002. 132 p.

RAHMAN, Z; SINGH, V. P. Assessment of heavy metal contamination and Hg-resistant bacteria in surface water from different regions of Delhi, India. **Saudi Journal of Biological Sciences**. [S.l.], v. 25, n. 4, p. 1687-1695, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

PEREIRA, A. R. B; FREITAS, D. A. F. Uso de microorganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. n. 6, n. 6, p. 975 -1006, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/4818/2993>>. Acesso em: 14jun 2019.

PEREIRA, W. J. X; PONTES FILHO, R. A; MARQUES, T. C. Ocupação irregular de APP urbana: Um estudo da percepção da degradação ambiental e parâmetros morfológicos do solo no entorno da Lagoa da Pajuçara. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., 2011, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2011. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/download/10710/7296>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

PINO, G. H; TOREM, M. L. Aspectos fundamentais da bio sorção de metais não ferrosos – estudo de caso. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 57-63, 2011. Disponível em: <<http://tecnologiammm.com.br/files/v8n1/v8n1a10.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

PINTO, L. M. O; BARROS A. M. A. O investimento industrial como alternativa para a recuperação de passivos ambientais: o caso Ingá. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 3., 2006, Niterói. **Anais...** Niterói, 2006. Disponível em: <<http://www.inovarse.org/filebrowser/download/9889>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

POLLASTRI GIMENES, H. T. Contaminação de efluentes líquidos por metais pesados: caracterização dos metais, identificação de áreas afetadas e métodos de remoção. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**. São Paulo, v. 1, n. 4, p. 48-56, 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/18404007-Contaminacao-de-efluentes-liquidos-por-metais-pesados-caracterizacao-dos-metais-identificacao-de-areas-afetadas-e-metodos-de-remocao.html>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

RAMALHO, J. F. G. P; AMARAL SOBRINHO, N. M. B; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2000000700002&lang=pt#back](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000700002&lang=pt#back)>. Acesso em: 03 maio. 2019.

REGO, N. A. C; BARROS, S. R; SANTOS, J. W. B. Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na Lagoa Encalhada, Ilheus, Bahia. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**. Fortaleza, v. 4, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/54>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

REINER, K. **Catalase Test Protocol**. 2010. Disponível em: <<https://www.asm.org/getattachment/72a871fc-ba92-4128-a194-6f1bab5c3ab7/Catalase-Test-Protocol.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2019.

- RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade: contaminação da água por nitrato**. 2002. Disponível em: < [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24718/1/doc\\_57.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24718/1/doc_57.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- RIBEIRO, M. A. C. **Contaminação do solo por metais pesados**. 2013, 249f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Faculdade de Engenharia, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 2013. Disponível em: < <http://recil.grupolusofona.pt/bitstream/handle/10437/4770/TeseFinalMarcosRibeiro27-01-14.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 maio 2019.
- ROCHA, A. F. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?**. 2009, 63f. Monografia (Graduação em Ciências da Nutrição), Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimento, Universidade do Porto, Porto. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/8739986-Cadmio-chumbo-mercurio-a-problematica-destes-metais-pesados-na-saude-publica.html>>. Acesso em: 23 jun. 2019.
- ROCHA, G. S. **A degradação das águas superficiais da cidade de Sobral (CE): os sistemas lacustres da zona Urbana**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: < [http://www.uece.br/mag/dmdocuments/giselle\\_rocha\\_dissertacao.pdf](http://www.uece.br/mag/dmdocuments/giselle_rocha_dissertacao.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- SANTOS, L. C. *et al.* População de bactérias e fungos no solo contaminado com cobre nas Minas do Camaquã, RS, Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 105-114, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/viewFile/9877/5922>>. Acesso em: 15 jun 2019.
- SANTOS, D. R. **Bioprospecção e avaliação do potencial biotecnológico de bactérias degradadoras de agrotóxicos isoladas do rio Pacotí- Ce**, 2013. 57 f. Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013. Disponível em: < [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/30885/1/2013\\_tcc\\_drdo Santos.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/30885/1/2013_tcc_drdo Santos.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2019.
- SEILER, C; BERENDOCK, T. U. Heavy metal driven co-selection of antibiotic resistance in soil and water bodies impacted by agriculture and aquaculture. **Frontiers Microbiology**. Dresden. v. 3, n. 39, p. 1-10, 2012. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3522115/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Livraria Varela. 2010. 632 p.
- SILVA, R O. *et al.* **Contaminação do solo através da agricultura**. São Leopoldo, 2009. Disponível em: < <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAa94AB/contaminacao-solo-pela-agricultura>>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- SOUTO, J. P. *et al.* Poluição fecal da água: microorganismos indicadores. *In*: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 6, 2015, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre, 2015, p. 1-5.

Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VIII-009.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SOUZA, D. B. *et al.* Estudo de microrganismos presentes em uma área contaminada por gasolina comercial. **Revista de Estudos Ambientais**. [online], v. 12, n. 2, p. 38-46, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/1866/1449>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

SHUROF, P. A. Qualidade microbiológica da água do Lago Igapó de Londrina - PR e caracterização genotípica de fatores de virulência associados a *Escherichia coli* enteropatogênica (EPEC) e *E. coli* produtora de toxina Shiga (STEC). **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**. Londrina, v. 35, n. 2, p. 11-20, 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/viewFile/15545/16235>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

TEIXEIRA, R. A; SOUZA, E. S; FERNANDES, A. R. Elementos potencialmente tóxicos e índices de poluição em solos e sedimentos do garimpo de Serra Pelada, Brasil. **Ciencia del suelo**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 35, n. 2, p. 377-384, 2017. Disponível: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1850-20672017000200016](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-20672017000200016)>. Acesso em: 28 maio 2019.

TENOVER, F. C. Mechanisms of antimicrobial resistance in bacteria. **The American journal of Medicine**. [S. l.], v. 119, n. 6, p. 3-10, 2006. Disponível em: <[https://www.amjmed.com/article/S0002-9343\(06\)00342-1/fulltext](https://www.amjmed.com/article/S0002-9343(06)00342-1/fulltext)>. Acesso em: 23 jun. 2019.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 964 p.

VALE, M. S. *et al.* Efeito da toxicidade de Cr (VI) e Zn (II) no crescimento do fungo *Aspergillus niger* isolado de efluente industrial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 237-244, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522011000300006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000300006)>. Acesso em: 5 jun. 2019.

VALESKY, B. Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. **Hydrometallurgy**. [S. l.], v. 59, p. 203-216, 2001. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.464.3669&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

VICENTIN, R. P. **Remoção e alocação de metais pesados por bactérias diazotróficas nodulíferas da espécie *Cupriavidus necator***. 2017. 92 f. Tese (Doutor em Microbiologia Agrícola)- Universidade Federal de Lavras, Lavras 2017. Disponível em: <[epositorio.ufla.br/bitstream/1/12467/2/TESE\\_Remocao%20e%20alocacao%20de%20metais%20pesados%20por%20bacterias%20diazotroficas%20noduliferas%20da%20especie%20Cupriavidus%20necator.pdf](epositorio.ufla.br/bitstream/1/12467/2/TESE_Remocao%20e%20alocacao%20de%20metais%20pesados%20por%20bacterias%20diazotroficas%20noduliferas%20da%20especie%20Cupriavidus%20necator.pdf)> acesso em: 21 abr. 2019.