

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE

PATRÍCIA FERNANDA PEREIRA CABRAL

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS LOCALIZADOS NO DISTRITO
SANITÁRIO DO ITAQUI-BACANGA E AS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DA
POPULAÇÃO DO ENTORNO**

São Luís

2019

PATRÍCIA FERNANDA PEREIRA CABRAL

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS LOCALIZADOS NO DISTRITO
SANITÁRIO DO ITAQUI-BACANGA E AS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DA
POPULAÇÃO DO ENTORNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Saúde e Ambiente.

Área de concentração: Qualidade ambiental e saúde
Linha de pesquisa: Gestão socioambiental

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro
Coorientador: Prof. Dr. Iranaldo Santos da Silva

São Luís

2019

Cabral, Patrícia Fernanda Pereira

Qualidade da água de corpos hídricos localizados no Distrito Sanitário do Itaqui-Bacanga e as implicações na saúde da população do entorno/ Patrícia Fernanda Pereira Cabral. - São Luís, 2019.

134 f.

Orientador: Antonio Carlos Leal de Castro.

Coorientador: Iranaldo Santos da Silva.

Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, 2019.

1. Riachos 2. Metais pesados 3. Contaminantes biológicos I. Título

PATRÍCIA FERNANDA PEREIRA CABRAL

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS LOCALIZADOS NO DISTRITO
SANITÁRIO DO ITAQUI-BACANGA E AS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DA
POPULAÇÃO DO ENTORNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão,
como requisito para a obtenção do grau de Mestre em
Saúde e Ambiente.

São Luís, 15 de março de 2019.

Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro – UFMA

Orientador

Prof. Dr. Iranaldo Santos da Silva – UFMA

Coorientador

Profa. Dra. Zulimar Marita Ribeiro Rodrigues – UFMA

Interno ao Programa

Prof. Dr. Leonardo Silva Soares – UFMA

Externo ao Programa

Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho – UFMA

Externo ao Programa

Dedico este Trabalho primeiramente a Deus, por permitir que eu alcançasse este objetivo, e aos meus pais por todo incentivo e ajuda para que fosse possível o meu crescimento profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro por toda sua paciência, atenção, dedicação e apoio logístico para que eu pudesse ter confiança e segurança na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Iranaldo Santos da Silva por toda paciência, dedicação, ensinamentos e a todo apoio técnico conseguido, durante a realização das análises no Laboratório de Pesquisa em Automação Analítica.

Ao Laboratório de Pesquisa em Eletroquímica, na presença do Prof. Auro Tanaka por todo o apoio que obtive quando lhe foi solicitado.

Ao meu companheiro Fábio José Vieira da Silva que esteve presente em todos os momentos que precisei para a realização desta pesquisa.

Aos colegas de turma e laboratório por toda convivência e aprendizados que obtivemos juntos.

Aos doutorandos Marcelo Henrique Lopes Silva, Vitor Lamarão de França e James Werllen de Jesus Azevedo, e a MSc. Helen Roberta Silva Ferreira, do Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFMA, pelo auxílio nos trabalhos de campo, definição dos pontos de coletas, elaboração de gráficos e análises estatísticas.

A Universidade Federal do Maranhão e todo corpo docente, além da direção e administração, que realizaram suas atividades com tanto amor e dedicação, trabalhando incansavelmente para que nós, alunos, pudéssemos contar com um ensino de extrema qualidade.

A CAPES pela concessão da bolsa de Pesquisa.

“Vós sois o da terra. Ora, se o sal perde o sabor, com que lhe será restituído o sabor? Para nada mais serve senão para ser lançado fora e calcado pelos homens. Vós sois a do mundo. Não se pode esconder uma situada sobre uma nem se acende uma luz para colocá-la debaixo do , mas sim para colocá-la sobre o , a fim de que brilhe a todos os que estão em casa. Assim, brilhe vossa luz diante dos homens, para que vejam as vossas e glorifiquem vosso que está nos céus.” (Mt 5, 13-16)

RESUMO

A água representa uns dos principais compartimentos ambientais. Seu uso constante em nossas atividades diárias e na nossa composição corporal traduz o quão valioso é esse bem. No entanto, o que se observa nos últimos anos é a não valorização deste recurso através do desmatamento gradativo das matas ciliares e da constante deposição de contaminantes no leito dos rios e riachos, o que acaba por não garantir que este recurso participe de forma adequada, do ciclo hidrológico e alterando os compartimentos. Essa situação agrava o acesso à água de qualidade, e conseqüentemente, ocasiona agravos à saúde, tanto pelo consumo de água e alimentos contaminados, quanto por enfermidades oriundas da falta de saneamento básico. Em São Luís, esse cenário não é diferente, pois, apesar da Ilha ser abundante em água doce e salgada, o crescimento populacional e a instalação de indústrias na região, ocorrido nas últimas décadas, atrapalha a dinâmica desses ecossistemas, uma vez que não são respeitadas as margens ou ocorre a deposição de efluentes no leito do rio. Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo analisar a qualidade de corpos d'água situados no Distrito Sanitário do Itaqui-Bacanga em São Luís/MA, e as implicações na saúde dos moradores da região. As amostras foram coletadas em quatro períodos distintos, ocorrendo trimestralmente no período de maio 2017 a fevereiro 2018. As análises físico-químicas foram realizadas no local de coleta utilizando Kit Multiparâmetro HORIBA (*Multi Water Quality Checker U-50 Series*), determinando Condutividade Elétrica, pH, Oxigênio Dissolvido e Temperatura. A análise de metais ocorreu no Laboratório de Pesquisa em Automação Analítica, UFMA, utilizando a Voltametria de Redissolução Anódica, determinando Cd, Pb, Cu e Zn. As análises microbiológicas foram analisadas no Pavilhão Tecnológico, UFMA, utilizando a Técnica dos Tubos Múltiplos para determinação de *Escherichia coli*. Os questionários foram aplicados por domicílio e a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da UFMA, com o parecer N° 2290033.

Palavras-chave: riachos; metais pesados; contaminantes biológicos.

ABSTRACT

Water represents one of the main environmental compartments. Its constant use in our daily activities and body composition translates how valuable this good is. However, what has been observed in recent years is the non-valorization of this resource through the gradual deforestation of riparian forests and the constant deposition of contaminants in the river and stream beds, which does not guarantee that this resource participates properly, hydrological cycle and changing compartments. This situation aggravates the access to quality water, and consequently, causes health problems, both by the consumption of contaminated water and food, as well as by diseases resulting from the lack of basic sanitation. In São Luís, this scenario is no different, because, although the Island is abundant in fresh and salty water, the population growth and the installation of industries in the region, which occurred in the last decades, hinders the dynamics of these ecosystems, since they are not respected the banks or effluent deposition in the riverbed. In this context, this research aimed to analyze the quality of water bodies located in the Itaqui-Bacanga Sanitary District in São Luís / MA, and the health implications of the residents of the region. Samples were collected in four distinct periods, taking place quarterly from May 2017 to February 2018. Physical-chemical analyzes were performed at the collection site using HORIBA Multi-Parameter Kit (Multi-Water Quality Checker U-50 Series), determining Electrical Conductivity, pH, Dissolved Oxygen and Temperature. The metals analysis took place at the Analytical Automation Research Laboratory, UFMA, using the Anodic Redissolution Voltammetry, determining Cd, Pb, Cu and Zn. Microbiological analyzes were analyzed at the Technological Pavilion, UFMA, using the Multiple Tube Technique to determine *Escherichia coli*. The questionnaires were applied by household and the research was approved by the UFMA Ethics Committee, with the opinion N ° 2290033.

Keywords: streams; heavy metals; biological contaminants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distritos Sanitários de São Luís com destaque para o Distrito do Itaqui-Bacanga.....	32
Figura 2	Localização espacial dos bairros estudados no Distrito Sanitário do Itaqui-Bacanga.....	33
Figura 3	Localização do Bairro Limoeiro.....	34
Figura 4	Localização do Bairro Murtura.....	34
Figura 5	Localização do Bairro Vila Isabel.....	35
Figura 6	Bacias hidrográficas de São Luís com destaque para Bacanga, Cachorros e Itaqui.....	36
Figura 7	Rio Limoeiro, pontos de coleta.....	37
Figura 8	Rio Murtura, pontos de coleta.....	38
Figura 9	Rio da Macaca, pontos de coleta.....	39
Figura 10	Coleta de amostra de água.....	40
Figura 11	Gráfico das curvas de calibração de Cd, Pb, Cu e Zn.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Parâmetros e condições utilizados nas análises para determinação de Zn.....	41
Tabela 2	Parâmetros e condições utilizados nas análises para determinação de Cd, Pb e Cu.....	42
Tabela 3	Valores dos brancos, LD e LQ para o Cd, Pb, Cu e Zn.....	44
Tabela 4	Precisão do método em função do branco.....	45
Tabela 5	Teste da adição e recuperação de Cd, Pb, Cu e Zn nas amostras dos rios tomados para estudo.....	46
Tabela 6	Dados censitários do Limoeiro.....	50
Tabela 7	Dados censitários do Murtura.....	50
Tabela 8	Dados censitários da Vila Isabel.....	51

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1	Cálculo da Concentração dos Metais.....	57
Apêndice 2	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	59
Apêndice 3	Modelo de questionário para entrevista.....	61

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Tabela do Número Mais Provável (NMP), para séries de três tubos..	64
Anexo 2	Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABR C-P	Resposta Auditiva do Tronco Central e Periférico
ARA	Arabinose
ASV	Voltametria de Redissolução Anódica
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CAEMA	Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão
CAPES	Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CE	Condutividade Elétrica
CIT	Citrato
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRD	Comprimento da Rede de Drenagem
CS	Centro de Saúde
CV	Coeficiente de Variação
CVBB	Caldo Verde Brilhante e Bile
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DDT	Diclorodifeniltricloreto
DEOLI	Departamento de Oceanografia e Limnologia
DP	Pulso Diferencial
EMB	Eosina Azul de Metileno
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FJP	Fundação João Pinheiro
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
HMDE	Eletrodo de Gota Pendente de Mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET _p	Índice do Estado Trófico
IND	Indol
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA _{pva}	Índice de Proteção à Vida Aquática
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
LD	Limite de Detecção
LPAA	Laboratório de Pesquisa em Automação Analítica
LQ	Limite de Quantificação

MAL	Malonato
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
NMP	Número Máximo Permitido
NuGeo	Núcleo Geoambiental
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PCA	Análise de Componentes Principais
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
R%	Recuperação percentual
RAF	Rafinose
RL	Riacho Limoeiro
RM	Riacho Murtura
RMa	Riacho da Macaca
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel
SEMUS	Secretaria Municipal de Saúde
SES	Secretaria de Estado da Saúde
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMS	Secretaria Municipal de Saúde
SNC	Sistema Nervoso Central
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUS	Sistema Único de Saúde
TSA	Agar Triptona de Soja
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UM	Unidade Mista
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
USF	Unidade de Saúde Familiar
VA	Acuidade Visual
VM	Vermelho de Metila
VMP	Valor Máximo Permitido
VP	Voges-Proskauer

LISTA DE SÍMBOLOS E FÓRMULAS

B	Coefficiente angular da curva de calibração
Br	Branco
$C_{adicionada}$	Concentração adicionada
$C_{amostra\ fortificada}$	Média da concentração da amostra fortificada
$C_{amostra\ não-fortificada}$	Média da concentração da amostra
Cd	Cádmio
CH_3COOH/NH_4OH	Tampão ácido acético/hidróxido de amônio
Cu	Cobre
E_0	Erro amostral tolerável
H^+	Íons hidrogênio
I_p	Altura de pico
HNO_3	Ácido nítrico
H_2S	Gás sulfídrico
KCl	Cloreto de potássio
KOH	Hidróxido de potássio
n	Tamanho da amostra
N	Tamanho da população
n_0	Primeira aproximação do tamanho da amostra
N_2	Gás nitrogênio
Pb	Chumbo
pH	Potencial hidrogeniônico
Pt	Platina
s	Desvio padrão
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS.....	20
2.1	Geral.....	20
2.2	Específicos.....	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
3.1	Condições ambientais e os reflexos na saúde.....	21
3.2	Qualidade da água.....	22
3.3	Riscos para a saúde.....	24
3.3.1	Metais pesados.....	24
3.3.1.1	Cádmio.....	25
3.3.1.2	Chumbo.....	26
3.3.1.3	Cobre.....	27
3.3.1.4	Zinco.....	28
3.3.2	Doenças relacionadas com a água.....	29
4	MÉTODO.....	31
4.1	Tipos de estudo.....	31
4.2	Local de estudo.....	31
4.3	Coleta de amostra de água.....	36
4.4	Análise físico-química.....	40
4.5	Análise de metais.....	40
4.5.1	Reagentes, materiais e equipamentos.....	40
4.5.2	Validação do método.....	41
4.5.2.1	Condições para a Análise Voltamétrica.....	41
4.5.2.2	Curva de Calibração.....	42
4.5.2.3	Limite de Detecção e Limite de Quantificação.....	43
4.5.2.4	Precisão do método.....	44
4.5.2.5	Adição e recuperação.....	44
4.5.3	Procedimento de análise.....	45

4.6	Análise bacteriológica.....	47
4.6.1	Meios de cultura, equipamentos e vidrarias.....	47
4.6.2	Procedimento de análise.....	48
4.6.2.1	Teste presuntivo.....	48
4.6.2.2	Prova confirmativa para a estimativa do Número Mais Provável de coliformes totais (NMP/mL).....	48
4.6.2.3	Prova confirmativa para a estimativa do Número Mais Provável de coliformes a 45°C (NMP/mL).....	48
4.6.2.4	Identificação de <i>Escherichiacoli</i>	48
4.7	Análise da saúde.....	49
4.7.1	População e amostra.....	50
4.7.2	Aspectos éticos.....	51
4.8	Análise estatística.....	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICES.....	57
	ANEXOS.....	64