



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE



LUCIANA DA SILVA BASTOS

**INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO  
HUMANO EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE**

São Luís – MA  
2016

**LUCIANA DA SILVA BASTOS**

**INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO  
HUMANO EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente.

**Área:** Qualidade Ambiental

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues

**Co-orientador:** Prof. Dr. Jose Aquino Junior

São Luís – MA  
2016

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Bastos, Luciana da Silva.

INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM  
MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE / Luciana da Silva

Bastos. - 2016.

85 f.

Coorientador(a): Jose Aquino Junior.

Orientador(a): Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Saúde e Ambiente/ccbs, Universidade Federal do Maranhão,  
São Luís, 2016.

1. Geoprocessamento. 2. Índice de Desenvolvimento  
Humano. 3. Micro-organismos. 4. Qualidade da água. 5.  
Vulnerabilidade ambiental. I. Aquino Junior, Jose. II.  
Rodrigues, Zulimar Márita Ribeiro. III. Título.

LUCIANA DA SILVA BASTOS

## **INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente.

Área de Concentração: Qualidade Ambiental

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

### **BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues – Orientadora**

Doutora em Geografia Humana  
Universidade Federal do Maranhão

---

**Prof. Dr. José Aquino Junior – Coorientador**

Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Maranhão

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Maria Coêlho Alves**

Doutora em Medicina Veterinária  
Universidade Estadual do Maranhão

---

**Prof. Dr. Jackson Ronie Sá da Silva**

Doutor em Educação  
Universidade Estadual do Maranhão

---

**Prof. Dr. Glécio Machado Siqueira**

Doutor em Engenharia para o Desenvolvimento Rural  
Universidade Federal do Maranhão

A Deus, à minha Família e Amigos, dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me permitido alcançar todos os meus objetivos até o presente momento e por ter me dado força de vontade para nunca desistir diante dos obstáculos da vida.

Aos meus pais Rosinete Diniz e Luís Gonçalves, pela educação, incentivo e acima de tudo, pelo amor e carinho, em especial minha mãe sendo exemplo de força e perseverança me apoiando nos bons e maus momentos.

As minhas irmãs Tatiana Bastos, Auridéa Bastos, Adriana Bastos e Auricéa Bastos pela paciência, incentivo, dedicação, amor e sua eterna amizade e aos sobrinhos Anastácia Marcelline, Mário Alexandre, Otávio Luiz e Marcony Edson por alegrar os nossos dias.

A minha mami 2 prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Maria Coelho Alves que com sua sabedoria e paciência me ensinou tanto, a quem devo o meu salto no conhecimento científico e que será sempre modelo em toda a minha vida.

Aos meus orientadores Profa. Dr.<sup>a</sup> Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues que foi mais que uma orientadora com sua inteligência, agudeza de espírito, talento, carinho, foi uma amiga, irmã, professora, conselheira, incentivadora, protetora, quem me recebeu tão bem junto ao mestrado e ao Prof. Dr. José Aquino Junior pela oportunidade, pelos ensinamentos acadêmicos e pela sempre presente, atenciosa e perspicaz orientação e incomparável dedicação, juntos nunca me deixaram desanimar e me fizeram lembrar sempre que amigos são como anjos que nos levantam quando nossas asas têm problemas, lembrando-nos de como voltar a voar.

Ao Prof. Dr. Adeir Archanjo da Mota (UFGD) pelo apoio, atenção imensuráveis e sua amizade, a quem tenho muita admiração e estima.

Ao Prof. Dr. José Anchieta de Araújo (UNIFESSPA) pelo apoio e atenção dispensados quando eu insistia em utilizar a estatística como ferramenta nessa pesquisa.

Ao Professor Dr. Jackson Ronie Sá da Silva (UEMA) pela participação na banca examinadora da qualificação com suas valiosas contribuições e pelo carinho.

Ao Professor Dr. Glécio Machado Siqueira (UFMA) por ter aceito o convite de participar da banca examinadora.

A Profa. Francisca Neide, pela oportunidade, amizade, apoio, confiança, carinho e paciência.

A minha querida amiga Lorena Gonçalves pelo acompanhamento nas coletas não existe palavras que possam agradecer toda sua amizade durante a pesquisa.

Aos amigos Lygia Galeno, Arlene Silva, Eliane Braga, Livia Rudakoff, Juliana Aguiar, Januária Ruthe, Valéria Lima, Eldo Rodrigues e Felício Garino por estarem ao meu lado em cada passo desta jornada, me ajudando a retirar cada pedrinha do caminho.

A Fúlvia Maranhão e Josélya Soares que nunca me deixaram desistir de realizar esse sonho.

Ao amigo Beto Nicácio e a Dupla Criação pela criação do personagem da cartilha.

A todos os amigos da turma de mestrado 2014-2016, pelas discussões no decorrer das disciplinas, pelas valiosas horas de convívio e boas recordações dos momentos de lazer e alegria, em especial Emanuelle Bani, Clícia Nino e Emnielle Moreira, e também aos alunos das turmas 12 e 13 Nagêlla Gardênia, Ana Tereza pelas palavras de ânimo e de estímulo nos momentos mais difíceis.

A todos os colaboradores da UEMA, em destaque Ana Paula, Silvana Boás, Jacenilson, Agnaldo, Patrícia, Francisca, Socorro, Célia, Rosicléa, Rafael, Osmar e os estagiários.

Agradeço a coordenação e aos professores do Programa de Pós - Graduação em Saúde e Ambiente, o qual muito contribui para o meu aperfeiçoamento técnico e profissional e os técnicos André França, Cleonice Pinheiro e Carol pela convivência e apoio.

A UFMA e UEMA por muito ter contribuído na minha formação, pelo espaço, estrutura, equipamentos e todas as instalações físicas disponibilizadas bem como aos Laboratórios de Microbiologia e Físico-Química de Alimentos e Água - UEMA.

A FAPEMA pela concessão da bolsa de estudo durante o período do mestrado e pela concessão do auxílio financeiro à pesquisa por meio dos Editais: REBAX 2014 e Universal 2015.

Aos grupos de pesquisa: NEPA, GPSAMA, GEMVESP.

Aos representantes da CAEMA (Companhia de Saneamento do Maranhão), SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) e os responsáveis pelos SACS (Soluções Alternativas Coletivas).

A todas as famílias dos 10 municípios que muito colaboraram ao participar desta pesquisa e pelo acolhimento.

E a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação.

***“AS PEGADAS DAS PESSOAS QUE ANDARAM JUNTAS NUNCA SE APAGAM”.***

***(Proverbio africano)***

*"Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende".*

**Leonardo Da Vinci**

BASTOS, L. S. **Indicadores de qualidade da água para consumo humano em Municípios da Baixada Maranhense**. [Water quality indicators for human consumption in municipalities of Baixada Maranhense]. 2016. 85. f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

## RESUMO

Nesta pesquisa objetivou-se avaliar a qualidade da água para consumo humano em municípios da Baixada Maranhense – MA procurando-se correlacionar os dados com o índice de desenvolvimento humano da região objeto do estudo. Os municípios selecionados para o estudo foram Pinheiro, Arari, Viana, Matinha e São Bento (maior IDHM); Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu (menor IDHM). Durante seis meses, três meses no período de baixa pluviosidade (outubro, novembro e dezembro de 2015) e três meses no período alta pluviosidade (janeiro, fevereiro e março de 2016) coletou-se amostras da água da rede pública de abastecimento para análises microbiológicas para pesquisa do NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* e físico-químicas para mensurar os parâmetros dureza total, alcalinidade total, cloretos, condutividade, sólidos totais dissolvidos, NaCl, pH, turbidez, teor cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro. A espacialização dos resultados deu-se por meio da confecção de mapas de vulnerabilidades ambientais. Durante o período de estudo, observou-se que a quantidade de micro-organismos foi sempre superior nas águas não tratadas se comparado às águas tratadas, sendo que os municípios com o menor IDHM apresentaram maior quantidade de micro-organismos em comparação com os municípios com maior IDHM. As variáveis físico-químicas apresentaram não conformidade para os parâmetros dureza total, cloretos, pH, cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro. Considerando os teores médios para as diferentes indicadores microbiológicos, físicos e químicos para cada município, verificou-se que os problemas sanitários existentes são complexos e apresentam riscos à população local constituindo-se como um fator crítico de melhoria da qualidade da água para consumo humano. O uso do geoprocessamento para especializar informações referentes à qualidade da água se constituiu em uma importante ferramenta, contribuindo para implementação de ações de controle. Foi confeccionada uma cartilha educativa contendo conhecimentos básicos sobre a qualidade da água destinada à população regional.

**Palavras-Chave:** Micro-organismos, Qualidade da água, Vulnerabilidade ambiental, Geoprocessamento, Índice de Desenvolvimento Humano, Baixada Maranhense.

**BASTOS, L. S. Water quality indicators for human consumption in municipalities of Baixada Maranhense.** [Indicadores de qualidade da água para consumo humano em Municípios da Baixada Maranhense]. 2016. 85. f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

## **ABSTRACT**

This research aimed to evaluate the quality of water for human consumption in cities of Maranhão Lowlands - MA seeking to correlate the data with the human development index of the object of the study area. The municipalities selected for the study were Pinheiro, Arari, Viana, Matinha and St. Benedict (greater IDHM); Bela Vista do Maranhão, Monsoon, Cajari, Rosario and Pedro Conceição do Lago Açu (lower IDHM). For six months, three months in the period of low rainfall (October, November and December 2015) and three months in high season rainfall (January, February and March 2016) was collected samples of public supply water for microbiological analyzes to search the NMP of total coliforms, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* and physicochemical to measure the total hardness parameters, total alkalinity, chloride, conductivity, total dissolved solids, NaCl, pH, turbidity, residual free chlorine content, nitrite nitrate and iron. The spatial distribution of the results was made through the preparation of environmental vulnerability maps. During the study period, it was observed that the amount of micro-organisms was always higher in the untreated water compared to treated water, and municipalities with the lowest IDHM presented more micro-organisms compared to the municipalities most IDHM. The physico-chemical variables showed non-compliance to the total hardness parameters, chlorides, pH, free chlorine, nitrite, nitrate and iron. Considering the average levels for the different microbiological indicators, physical and chemical for each municipality, it was found that existing health problems are complex and pose risks to the local population establishing itself as a critical factor in improving water quality for human consumption. The use of geoprocessing to specialize information regarding the quality of water constituted an important tool contributing to the implementation of control measures. It was made an educational booklet containing basic knowledge about the quality of water for the local population.

**KEYWORDS:** Microorganisms, Water Quality, Environmental Vulnerability, Geoprocessing, Human Development Index, Baixada Maranhense.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 01</b>	Localização dos municípios estudados na Baixada Maranhense	20
------------------	------------------------------------------------------------	----

### CAPÍTULO II

<b>Figura 01</b>	Localização dos municípios pesquisados na Baixada Maranhense	42
<b>Figura 02</b>	Espacialização dos pontos de coleta da água nos municípios de Pinheiro, Arari, Matinha, Viana e São Bento – MA (Maior IDHM), 2016	45
<b>Figura 03</b>	Espacialização dos pontos de coleta da água nos municípios de Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu – MA (Menor IDHM), 2016.	46

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 01</b>	Porcentagem de indicadores microbiológicos identificados nos municípios da Baixada Maranhense, no período de baixa pluviosidade, 2016	22
<b>Tabela 02</b>	Porcentagem de indicadores microbiológicos identificados nos municípios da Baixada Maranhense, no período de alta pluviosidade, 2016	23
<b>Tabela 03</b>	Correlação dos parâmetros microbiológicos em função da pluviosidade dos municípios da Baixada Maranhense	24
<b>Tabela 04</b>	Determinação de indicadores físico-químicas identificados nos municípios da Baixada Maranhense, no período de alta pluviosidade, 2016	27
<b>Tabela 05</b>	Correlação dos parâmetros físico-químicos em função da pluviosidade dos municípios da Baixada Maranhense	30
<b>Tabela 06</b>	Correlação dos parâmetros físico-químicos em função da pluviosidade dos municípios da Baixada Maranhense	30

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 01</b>	Tipos de captação da água dos municípios estudados na Baixada Maranhense	47
<b>Tabela 02</b>	Contagem de média de micro-organismos identificados em amostras de águas superficiais e subterrâneas dos municípios da Baixada Maranhense, 2015/2016	49
<b>Tabela 03</b>	Determinação dos indicadores microbiológicos avaliados nos municípios da Baixada Maranhense em função do tipo de captação da água	49

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>ADH</b>	Atlas de Desenvolvimento Humano
<b>ANA</b>	Agência Nacional de águas
<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<b>CAEMA</b>	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
<b>CETESB</b>	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
<b>CT</b>	Coliformes totais
<b>EC</b>	<i>Escherichia coli</i>
<b>EF</b>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<b>FAPEMA</b>	Fundação e Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão
<b>FUNASA</b>	Fundação Nacional de Saúde
<b>GIS</b>	Sistema de Informação Geográfico
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IDHM</b>	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
<b>IQA</b>	Índice de Qualidade da Água
<b>Km<sup>2</sup></b>	Quilômetro quadrado
<b>MS</b>	Ministério da Saúde
<b>MI</b>	Mililitro
<b>NaCl</b>	Cloreto de sódio
<b>NMP</b>	Número Mais Provável
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>PA</b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>QUALIÁGUA</b>	Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade da água
<b>RDC</b>	Resolução de Diretoria Colegiada
<b>REBAX</b>	Rede da Baixada Maranhense
<b>SAAE</b>	Serviço Autônomo da água e Esgotos
<b>SAC</b>	Solução Alternativa Coletiva
<b>SUS</b>	Sistema Único de Saúde
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
<b>UEMA</b>	Universidade Estadual do Maranhão
<b>UFC</b>	Unidade Formadora de Colônia
<b>UFMA</b>	Universidade Federal do Maranhão
<b>VMP</b>	Valor Máximo Permitido
<b>%</b>	Porcentagem

## SUMÁRIO

	<b>p.</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos.....	15
<b>CAPÍTULO I – Artigo I.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II – Artigo II.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO III – Cartilha.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Iniciamos o mestrado em agosto de 2014, e a partir de então começamos a desenvolver o projeto de pesquisa intitulado “Indicadores de qualidade de água para consumo humano em municípios da Baixada Maranhense”. O projeto foi submetido ao Edital Universal 2014 FAPEMA e fomos contemplados, tornando-se assim possível a sua execução na íntegra. Motivada a compreender sobre qualidade de água para consumo humano e a aplicar novos conhecimentos, estagiamos no Laboratório de Microbiologia Ambiental na seção de Meio Ambiente no Instituto Evandro Chagas – IEC em Ananindeua – PA e no Grupo de Pesquisa Saúde Espaço e Fronteiras na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) Dourados – MS.

As pesquisas de campo iniciaram-se em outubro de 2015, após um balanço das possibilidades e dos desafios a serem superados. Durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2015 e janeiro, fevereiro e março de 2016, quinzenalmente foram realizadas as coletas nos municípios selecionados. Após as coletas, o desafio era retornar ao laboratório de microbiologia de alimentos e água (UEMA) até 24 horas após a coleta para então seguir os protocolos analíticos.

As atividades realizadas durante as viagens contribuíram para dimensionar os desafios de se fazer pesquisa no Maranhão e nos possibilitou o conhecimento da realidade local de cada município.

A experiência de ser discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente (PPGSA) da Universidade Estadual do Maranhão (UFMA) foi ímpar, devido às oportunidades de participação nas múltiplas atividades acadêmico-científicas, e principalmente pelas oportunidades de participar de programas interinstitucionais, nos quais se inserem as agendas de pesquisa e as redes de pesquisadores nacionais.

A relevância social da pesquisa desenvolvida no âmbito de uma universidade pública foi objetivo primordial, perseguido e alcançado neste estudo, como se apresentou durante todo o estudo; no entanto, socializo um argumento a respeito do empenho, relacionado a uma justificativa pessoal, ou seja, de que este trabalho possa ter gerado contribuições para o conhecimento da área da saúde e ambiente.

Foi prazeroso o estudo, por nos possibilitar dialogar com várias comunidades sobre um tema tão importante, tão atual e que é um problema relevante para a saúde pública e saúde ambiental.

Nesse sentido, a dissertação está estruturada em três capítulos, sendo dois artigos e uma cartilha. O primeiro artigo busca correlacionar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos da água de consumo humano com os índices de desenvolvimento humano nos municípios estudados da microrregião da Baixada Maranhense; o segundo discorre sobre a análise espacial da qualidade da água para consumo humano em municípios da baixada maranhense por meio da confecção de mapas de vulnerabilidades ambientais, além de demonstrar a importância dos sistemas de informação. A cartilha traz informações sobre a importância de se consumir água tratada, os principais contaminantes da água, as doenças que podem ser transmitidas mediante a água sem tratamento, o acondicionamento correto da água e as medidas preventivas que devem ser adotadas para manter a qualidade da água.

**CAPITULO I** - Qualidade da água de consumo humano em municípios da baixada maranhense: indicadores de contaminação e índice de desenvolvimento humano.

**CAPITULO II** - Análise espacial da qualidade da água em municípios da baixada maranhense.

**CAPITULO III** - Qualidade da Água Para Consumo Humano.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

- 💧 Avaliar a qualidade microbiológica e físico-química da água de consumo humano em municípios da Baixada Maranhense - MA.

### 2.2 Específicos

- 💧 Determinar as características microbiológicas quanto ao NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*;
- 💧 Mensurar os parâmetros físico-químicos: dureza total, alcalinidade total, cloretos, condutividade, sólidos totais dissolvidos, NaCL, pH, turbidez, cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro;
- 💧 Confeccionar mapas de vulnerabilidades ambientais;
- 💧 Correlacionar a potabilidade da água com o índice de desenvolvimento humano da região;
- 💧 Produzir material pedagógico sobre qualidade da água para consumo humano em formato de cartilha.

# CAPÍTULO I

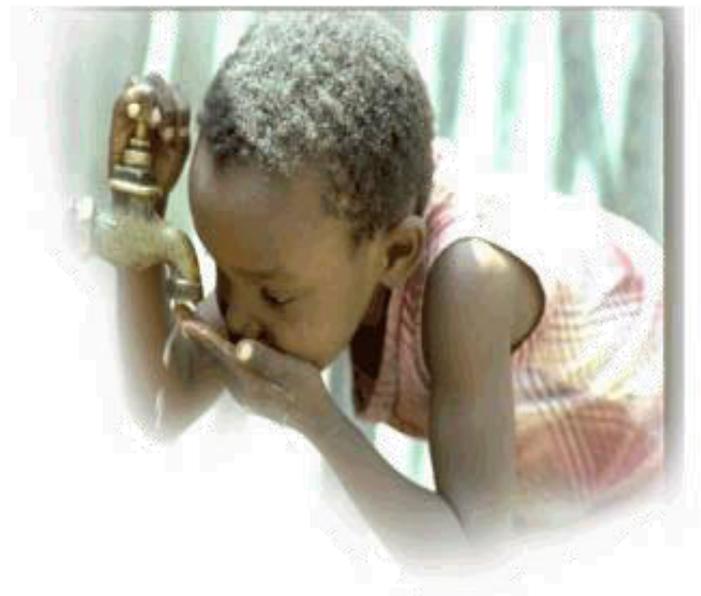
---

## QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE: Indicadores de contaminação e índice de desenvolvimento humano municipal

Artigo que será submetido à Revista Hygeia

*“Água que nasce na fonte serena do  
mundo  
E que abre um profundo grotão  
Água que faz inocente riacho  
E deságua na corrente do ribeirão  
Águas escuras dos rios  
Que levam a fertilidade ao sertão  
Águas que banham aldeias  
E matam a sede da população  
Águas que movem moinhos  
São as mesmas águas que encharcam  
o chão  
E sempre voltam humildes  
Pro fundo da terra  
Terra! Planeta Água”.*

*Planeta Água  
Guilherme Arantes*



## QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE<sup>1</sup>: indicadores de contaminação e índice de desenvolvimento humano

Luciana da Silva BASTOS<sup>1</sup>, José AQUINO JUNIOR<sup>2</sup>, Zulimar Márita Ribeiro RODRIGUES<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Saúde e Ambiente pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA, MA – Brasil.

<sup>2</sup>Professor Doutor da Universidade Federal do Maranhão, UFMA, MA – Brasil. Centro de Ciências Humanas/CCH.

<sup>3</sup>Professora Doutora da Universidade Federal do Maranhão, UFMA. Centro de Ciências Humanas/CCH. Avenida dos Portugueses, nº 1966, Bacanga, MA - Brasil. E-mail: zmaritaribeiro@hotmail.com / zmarita@usp.br (autor correspondente)

\*Apoio financeiro: FAPEMA (Processo Universal-00650/15)

### RESUMO

Considerando a importância da potabilidade da água e sua inter-relação com a saúde pública e com os indicadores socioambientais avaliou-se a qualidade microbiológica e físico-química da água consumida pela população da Baixada Maranhense, procurando-se correlacionar os dados com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM da região objeto do estudo. Os municípios selecionados foram Pinheiro, Arari, Viana, Matinha e São Bento (maior IDHM), Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu (menor IDHM). No período de outubro/2015 a março/2016 foram realizadas análises microbiológicas para pesquisa do NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* e físico-químicas para mensurar os parâmetros dureza total, alcalinidade total, cloretos, condutividade, sólidos totais dissolvidos, NaCL, pH, turbidez, teor cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro. Os municípios com o menor IDHM apresentaram maior quantidade de micro-organismos em comparação com os municípios com maior IDHM. Os dados apresentados na pesquisa das variáveis físico-químicas apresentaram não conformidades para cloretos, pH, cloro, nitrito, nitrato e ferro podendo estar associadas à ineficiência no tratamento. A falta de adequado sistema de abastecimento afeta a qualidade da água utilizada pela população da Baixada Maranhense podendo representar risco para a saúde sem prévio tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Micro-organismos, Qualidade de vida, Saúde pública.

---

<sup>1</sup> Microrregião que compõe a Mesorregião Norte Maranhense, é considerada uma zona úmida de importância internacional pela convenção de RAMSAR (tratado intergovernamental que estabelece marcos para ações nacionais e para a cooperação entre países com o objetivo de promover a conservação e o uso racional de zonas úmidas no mundo), (CARVALHO NETA, et. al. 2015).

## CONSUMPTION OF WATER QUALITY IN MUNICIPALITIES OF HUMAN MARANHENSE BAIXADA: contamination indicators and human development index

### ABSTRACT

Considering the importance of water potability and their relationship to public health and the social and environmental indicators evaluated the microbiological quality and physical chemistry of the water consumed by the population of Baixada Maranhense, seeking to correlate the data with the Index Municipal Human development - IDHM study of the object region. The selected municipalities were Pinheiro, Arari, Viana, Matinha and São Bento (most IDHM), Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário and Conceição do Lago Açu (lower IDHM). From October / 2015 to March / 2016 were conducted microbiological analysis for NMP search of total coliforms, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* and physicochemical to measure the total hardness parameters, total alkalinity, chloride, conductivity, total solids dissolved, NaCl, pH, turbidity, residual free chlorine content, nitrite, nitrate and iron. The municipalities with the lowest IDHM presented more micro-organisms in comparison with the municipalities with the highest IDHM. The data presented in the study of physical and chemical variables were nonconformity to chlorides, pH, chloride, nitrite, nitrate and iron may be associated with inefficient treatment. Lack of adequate supply system affects the quality of water used by the population Baixada Maranhense may pose a risk to health without treatment.

**KEYWORDS:** Microorganisms, Quality of life, public health.

### 1 INTRODUÇÃO

Todo ser humano, independente da condição socioeconômica, tem direito a água de qualidade e segura. Água potável é a melhor forma de reduzir a morbi-mortalidade de doenças veiculadas por água contaminada.

Nesse sentido o fornecimento da água potável, em quantidade suficiente, é essencial à população por ser um bem finito que garante saúde e qualidade de vida. Contudo, inúmeras doenças relacionadas com a contaminação da água de consumo humano têm sido relatadas, o que demonstra a vulnerabilidade do sistema de abastecimento da água do país e sua importância para a saúde pública (BRASIL, 2012).

A água para consumo humano é interpretada como indicador de qualidade ambiental urbana, considerando a densidade populacional e demanda por água nos grandes centros urbanos. Pode-se afirmar que o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é um dos indicadores urbanos que melhor avalia a qualidade de vida nas cidades.

Contudo, outros indicadores ou índices também são utilizados, dentre os quais, os índices que mensuram a qualidade da água para o consumo humano. Sabe-se também que o fornecimento da água potável tem relação direta e comprovada com a saúde pública (RIBEIRO, 2001).

Há bastante tempo existem índices para avaliar a qualidade da água, a exemplo do Índice de Qualidade da Água (IQA), criado desde 1970 nos Estados Unidos. Em 1975 a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adotou esse índice e hoje é o mais utilizado no Brasil (ANA, 2016). Paralelamente aos índices criados, a legislação brasileira por meio do Ministério da Saúde, tem preconizado a atenção com a qualidade da água; por meio da Portaria 2914/11, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

No Maranhão alguns setores despertam preocupação com a qualidade da água de consumo humano, dentre eles a precariedade na rede de tratamento de esgoto em quantidade suficiente para garantia de condições básicas e a presença de lixões a céu aberto sem tratamento sanitário, podendo resultar na contaminação das águas subterrâneas e a veiculação hídrica de agentes patogênicos à população (MASULLO et al., 2010).

Segundo a Agência Nacional de Água (ANA) a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental abrange, basicamente, o Maranhão e uma pequena porção oriental do estado do Pará. “A principal necessidade da água na bacia é para consumo humano, correspondendo a 45% do total. Em seguida, vem à demanda animal, com 18% do uso total e a demanda para irrigação, com 15%”. No estado do Maranhão, a bacia abrange toda a área da microrregião da Baixada Maranhense (1°59'- 4°00'S e 44°21'-45°33'W), sendo as sub-bacias “dos rios Mearim e Itapecuru as maiores, com áreas de 101.061 km<sup>2</sup> e 54.908 km<sup>2</sup>, respectivamente, é onde se concentra a maior demanda por m<sup>3</sup>/s da água” (ANA, 2016).

As características e a dinâmica da Baixada Maranhense impõem elevado grau de vulnerabilidade à paisagem natural da área onde predomina a sazonalidade do clima com efeitos diretos na hidrodinâmica dos lagos, durante o período chuvoso, secundados por extensos campos durante a estação seca. Nesse contexto essa região necessita de estudos que caracterizem os indicadores de qualidade da água, buscando subsidiar a implementação de diretrizes e ações da vigilância em saúde que visem assegurar que as pessoas possam consumir uma água que tem seguridade.

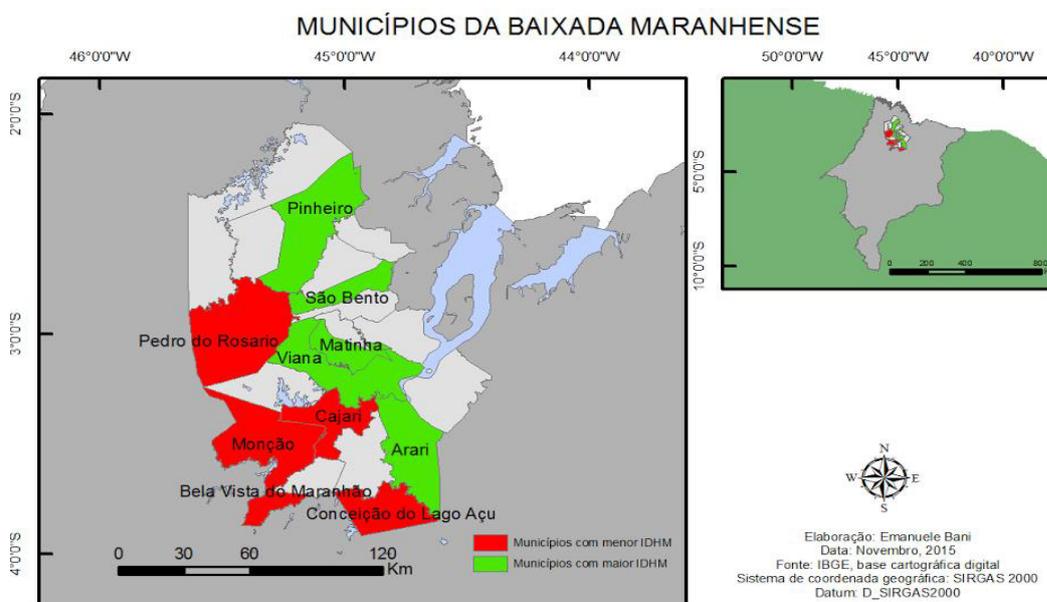
Considerando a importância da potabilidade da água e sua inter-relação com a saúde pública e com os indicadores socioambientais avaliou-se a qualidade microbiológica e físico-química da água consumida pela população da Baixada Maranhense, procurando-se correlacionar os dados com o índice de desenvolvimento humano da região objeto do estudo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na região da Baixada Maranhense que está dividida em 21 municípios e possui uma área de 17.579, 366 km<sup>2</sup> com uma população estimada em 563.877 habitantes (IBGE, 2010). Os municípios selecionados para o estudo foram Pinheiro, Arari, Viana, Matinha e São Bento, que apresentam os maiores IDHM; Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu - por terem os menores IDHM. Essa microrregião possui uma população predominantemente rural, com exceção de Arari, Pinheiro, Santa Helena, São Bento e Viana que apresentam a população urbana mais expressiva (Figura 01).

**Figura 01-** Localização dos municípios estudados na Baixada Maranhense



**Fonte:** IBGE, 2010.

O fornecimento oficial da água nos municípios de Pinheiro, Matinha, São Bento, Monção, Cajari e Conceição do Lago Açu é realizado pela concessionária Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão – CAEMA, para os municípios de Arari e Viana é pelo Serviço Autônomo da Água e Esgotos – SAAE e em Bela Vista do Maranhão e Pedro do Rosário é por meio de Solução Alternativa Coletiva – SAC.

## 2.2 Coleta de amostras

As amostras foram coletadas da rede pública de abastecimento na zona urbana durante seis meses, três meses no período de baixa pluviosidade (outubro, novembro e dezembro de 2015) e três meses no período alta pluviosidade (janeiro, fevereiro e março de 2016) sendo coletadas cinco amostras por mês de cada município, totalizando 300 amostras, as quais foram armazenadas em frascos esterilizados, acondicionadas em caixas isotérmicas e encaminhadas para os Laboratórios de Microbiologia de Alimentos e Físico - Química de Alimentos e Água da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) onde foram submetidas às análises laboratoriais.

## 2.3 Análises laboratoriais das amostras da água para consumo humano

Foram realizadas análises microbiológicas em amostras de 100 mL para determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*. A técnica adotada foi o método rápido com substrato enzimático cromogênico (Colilert®, Pseudalert® e Enterolert®) nos quais foi possível determinar quantitativamente os micro-organismos pesquisados (APHA, 2005), segundo orientação do fabricante.

Para as análises físico-químicas foram mensurados os parâmetros de dureza total, alcalinidade total, cloretos, condutividade, sólidos totais dissolvidos, NaCl, pH, turbidez, teor cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro, de acordo com os métodos oficiais analítico recomendados pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2004).

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas foram tabulados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, e posteriormente expressos em tabelas, seguindo a interpretação dos valores propostos pela Portaria 2914/11, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e pela RDC 274/05 da ANVISA (BRASIL, 2005) que regulamentam as normas de potabilidade da água para consumo humano.

## 2.4 Análises Estatísticas

O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer-Von Mises) e homocedasticidade de variâncias (teste de Levene), não sendo atendidas as pressuposições homocedasticas para nenhuma das variáveis estudadas no ensaio. Os dados então foram transformados ( $\ln(x+1.1)$ ) para atender a homocedasticidade, de acordo com a metodologia descrita por Banzatto e Kronka (2006), e em seguida foram submetidos à análise

de variância. As médias das variáveis estudadas foram comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teste de correlação de Pearson foi utilizado para medir o nível de associação entre os períodos de Baixa e Alta pluviosidade e ainda a associação entre os fatores Maior e Menor IDHM dos municípios estudados.

Todas as análises estatísticas foram processadas com auxílio do pacote computacional *R* (2014), considerando-se um nível de significância de até 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores microbiológicos avaliados no período de baixa pluviosidade demonstram índices superiores ao preconizado na legislação brasileira para os micro-organismos Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* nos municípios de Matinha e São Bento (municípios do grupo com maior IDHM) e nos municípios de Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu (municípios com menor IDHM). Não foi detectada a presença *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* nas amostras das águas coletadas nos municípios Pinheiro, Arari e Viana (Tabela 01).

**Tabela 01** - Porcentagem de indicadores microbiológicos identificados nos municípios da Baixada Maranhense, no período de baixa pluviosidade, 2016

Municípios	N	Micro-organismos			
		Coliformes totais %	<i>Escherichia coli</i> %	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> %	<i>Enterococcus faecalis</i> %
Pinheiro	15	0,0	0,0	0,0	0,0
Arari	15	0,0	0,0	0,0	0,0
Matinha	15	<b>100</b>	<b>66,6</b>	<b>100</b>	<b>86,6</b>
Viana	15	0,0	0,0	0,0	0,0
São Bento	15	26,6	6,66	66,6	6,66
Bela Vista do Maranhão	15	46,6	20	13,3	6,66
Monção	15	86,6	46,6	80	60
Cajari	15	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>73,3</b>	<b>100</b>
Pedro do Rosário	15	<b>93,3</b>	<b>73,3</b>	<b>66,6</b>	<b>66,6</b>
Conceição do Lago Açu	15	66,6	20	66,6	6,66

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Os micro-organismos indicadores são usados para sugerir a ocorrência de contaminação oral-fecal, verificar a eficiência de processos de tratamento da água, esgoto e possível deterioração ou pós-contaminação da água no sistema de distribuição. Tradicionalmente os indicadores são usados por limitações de ordem prática, técnica e econômica, uma vez que se torna impossível examinar todos os potenciais organismos patogênicos presentes na água (SOUZA e DANIEL, 2008).

Na pesquisa constataram-se concentrações elevadas de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* nos municípios de Matinha (maior IDHM) e nos municípios de Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu (menor IDHM), no período de alta pluviosidade. O município de São Bento (maior IDHM) apresentou contaminação por Coliformes totais, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*, enquanto os municípios de Pinheiro e Viana (maior IDHM) apresentaram contaminação por Coliformes totais e Arari (maior IDHM), por *Enterococcus faecalis* (Tabela 02).

**Tabela 02** - Porcentagem de indicadores microbiológicos identificados nos municípios da Baixada Maranhense, no período de alta pluviosidade, 2016

Municípios	N	Micro-organismos			
		Coliformes totais %	<i>Escherichia coli</i> %	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> %	<i>Enterococcus faecalis</i> %
<b>Pinheiro</b>	15	0.1	0.0	0.0	0.0
<b>Arari</b>	15	0.0	0.0	0.0	6,66
<b>Matinha</b>	15	<b>100</b>	<b>73,3</b>	<b>93,3</b>	<b>46,6</b>
<b>Viana</b>	15	6,66	0.0	0.0	0.0
<b>São Bento</b>	15	26,6	6,66	73,3	0.0
<b>Bela Vista do Maranhão</b>	15	46,6	13,3	13,3	13,3
<b>Monção</b>	15	73,3	26,6	86,6	40
<b>Cajari</b>	15	66,6	60	33,3	60
<b>Pedro do Rosário</b>	15	<b>100</b>	<b>53,3</b>	<b>53,3</b>	<b>73,3</b>
<b>Conceição do Lago Açu</b>	15	<b>100</b>	<b>33,3</b>	<b>100</b>	<b>60</b>

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

A contagem de micro-organismos avaliados em NMP/100 mL de água, nos municípios, variou 1.0 a >2419.6, constatando-se que as maiores contaminações ocorreram em Matinha e Conceição do Lago Açu, onde todos os indicadores apresentaram contagens

elevadas, tanto na alta quanto na baixa pluviosidade. Por outro lado, os índices de contaminação foram menores em Pinheiro, 74.9 Coliformes totais e em Arari, 4.1 *Enterococcus faecalis*, em ambos os períodos de coleta.

Foram encontrados valores de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* acima dos limites máximos estabelecidos pelas legislações vigentes, a Portaria do M.S. nº 2914/11, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e a RDC 274/05, que dispõe sobre o Regulamento técnico para águas envasadas e gelo (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Para Drewes e Fox (2000) a qualidade da água depende das fases de tratamento, distribuição e armazenamento do produto. Assim, para que um programa de qualidade cumpra com sucesso suas funções é necessário que não só a tecnologia disponível para o tratamento e distribuição seja adequada, mas também que o sistema de armazenamento seja eficiente, pois falhas durante as etapas de tratamento e distribuição expõem a população as doenças veiculadas pela água.

No computo geral dos resultados obtidos a análise de correlação mostrou haver diferença estatisticamente significativa entre o período de baixa e alta pluviosidade, sendo que o período de baixa pluviosidade foi o que apresentou maior correlação (Tabela 03).

As correlações significativas foram classificadas, segundo Dancey e Reidy (2006) em: fraca (entre  $\pm 0,10$  e  $\pm 0,29$ ); moderada (entre  $\pm 0,30$  e  $\pm 0,49$ ); e, forte (entre  $\pm 0,50$  e  $\pm 1,0$ ).

**Tabela 03** – Correlação dos parâmetros microbiológicos em função da pluviosidade dos municípios da Baixada Maranhense

CORRELAÇÃO		Baixa Pluviosidade			
		Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
Alta pluviosidade	Coliformes totais	0.48	0.29	0.29	0.36
	<i>Escherichia coli</i>	0.38	0.20	0.25	0.21
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.26	-0.04	0.63	0.16
	<i>Enterococcus faecalis</i>	0.36	0.29	0.08	0.30

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

\*Valores destacados em vermelho não apresentam efeito significativo para a correlação ( $P < 0,05$ ).

A variação sazonal dos níveis de micro-organismos durante o período de estudo foi diferente, verificou-se que a maior contaminação ocorreu no período de baixa pluviosidade. A contaminação dos corpos hídricos pode estar relacionada a ações humanas incorretas tais como lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, desmatamento e manejo inadequado do solo causando erosão e conseqüente assoreamento dos rios, deposição inadequada de resíduos sólidos contaminando tanto as águas superficiais como subterrâneas, efluentes de suinocultura, poluição difusa em áreas urbanas, dentre outras fontes poluidoras.

Além disso, durante o período de estudo, observou-se que a quantidade de micro-organismos foi sempre superior nas águas não tratadas se comparado às águas tratadas, sendo que os municípios com o menor IDHM apresentaram maior quantidade de micro-organismos em comparação com os municípios com maior IDHM, evento que pode estar associado à ineficiência de tratamento da água analisada e a falta de saneamento. Esse achado sugere que a água oriunda do abastecimento público nas regiões com menor IDHM está com a qualidade comprometida devido à ausência de políticas públicas, como tratamento da água e esgoto associado às ações antropogênicas que contribuem para contaminação das fontes da água.

Ressalta-se que o IDHM é um dos índices mais conhecidos que soma três dimensões: escolaridade, longevidade e renda; entretanto apresenta limitações metodológicas, pois mede diferentes dimensões e sintetiza em um único número, como desempenho hierárquico dos municípios. Hodiernamente, o processo de construção e aperfeiçoamento dos usos de indicadores e índice é crescente no intuito de monitorar a qualidade ambiental e social, em diferentes escalas e novas dimensões (RODRIGUES, 2010).

Assim, avaliar o acesso à água de qualidade e associar a índice tradicionalmente utilizado como IDHM é uma forma de ampliar a mensuração sobre a qualidade ambiental urbana dos municípios selecionados. Mais especificamente é propor novos indicadores que possam ser ferramentas para avaliar as políticas públicas, monitorar as condições de vida e identificar prioridades.

Neste estudo, compreende-se que a categoria “Qualidade Ambiental Urbana” é ampla e complexa, mas pode ser utilizada por meio de indicadores que, efetivamente, possam ser medidos, como exemplo: “[...] como qualidade do ar, da água, a frequência de transporte, a disponibilidade de água potável ou; critérios objetivos.” (MOYANO, 1991, 1992 apud BASSANI, 2001, p. 51).

Avaliar a qualidade ambiental urbana significa ainda identificar como o acesso a água de qualidade pode impactar ou não na saúde dos moradores.

A grande maioria das doenças em países em desenvolvimento (80%) é devido a qualidade insatisfatória da água, resultando em 3 milhões de mortes precoces por ano. Por dia morrem cinco mil crianças de diarreia em todo o mundo, sendo que 10% destes casos poderiam ser evitados com saneamento básico e melhores condições de higiene (DI BERNARDO; DI BERNARDO DANTAS, 2005; RELATÓRIO..., 2009).

Doenças de veiculação hídrica causada por poluição decorrente de dejetos humanos e animais é causa frequente de agravos à saúde humana. Nas comunidades mais carentes, as que não dispõem da água de boa qualidade, de rede de esgoto e/ou tratamento da água, das condições básicas de saneamento, então, nessas comunidades as pessoas utilizam como fonte de suprimento da água, água oriundas de rios, córregos e poços resultando em centenas de casos de doenças diarreicas ocasionando a morte de mais de cinco milhões de pessoas todo ano (ROCHA et al., 2011).

O Brasil é um dos países com alta incidência de diarreias, o que reflete diretamente sobre as taxas de mortalidade infantil. Em 2005, Sistema Único de Saúde (SUS) registrou a internação, por desidratação causada por diarreia, de mais de 28 mil crianças de zero a cinco anos de idade (BRASIL, 2006). As dificuldades para monitorar as doenças diarreicas decorrem de sua elevada incidência e do incorreto entendimento, de parte da população e dos profissionais que atuam na saúde pública, de que é “normal” a ocorrência da diarreia no Brasil.

A presença de Coliformes totais e *Escherichia coli* nas águas de consumo ressalta a importância desse grupo de bactérias como indicadora de precárias condições higiênicas e sanitárias. A ocorrência desse grupo microbiano em águas dá subsídios à discussão sobre falhas no sistema de tratamento da água ou distribuição, uma vez que esses micro-organismos podem ser encontrados em diversos ambientes naturais, mas não na água potável (MICHELINA et al., 2006).

Mesmo que a água, proveniente da torneira, chegue à residência em condições de ser consumida, a manipulação inadequada dos vasilhames, aliada à falta de higiene pessoal, podem contaminar a água e significar importante fator de risco para a transmissão de doenças (SÁ et al., 2005).

Os indicadores físicos e químicos já estão consagrados como instrumentos imprescindíveis para verificar a qualidade hídrica em diversos países. Mas, precisam ser empregados junto com os indicadores biológicos, caso contrário, o estudo será comprometido,

uma vez que a análise não levaria em conta os impactos atuais e acumulados sobre a água (PIZELLA, 2006).

Na tabela 04 estão sumarizados os indicadores físico-químicos pesquisados. Os resultados dos parâmetros de alcalinidade total, condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos, NaCL e Turbidez atenderam aos limites propostos pela legislação em vigor em todos os municípios selecionados nos períodos de baixa e alta pluviosidade. Em relação às variáveis dureza total, cloretos, pH, cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro, estes apresentaram inconformidades na maioria dos municípios.

**Tabela 04** – Determinação de indicadores físico-químicas identificados nos municípios da Baixada Maranhense, no período de alta pluviosidade, 2016

Indicadores Físico-químicos	MUNICIPIOS									
	Pinheiro	Arari	Matinha	Viana	São Bento	Bela Vista do Maranhão	Monção	Cajari	Pedro do Rosário	Conceição do Lago Açu
<b>Dureza Total</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	03	0.0	0.0
<b>Alcalinidade total</b>	0.0	0,0/ 22.00	8.0/ 242.0	2.0/ 34.0	192.0/ 248.0	12.0/ 80.0	110.0/ 174.0	0.0/ 400.0	60.0/ 170.0	262.0/ 520.0
<b>Cloretos</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	04	05	0.0	0.0
<b>Condutividade e</b>	299.5/ 615.0	89.3/ 159.3	317.0/ 576.0	360.0/ 678.0	513.0/ 977.0	76.1/ 301.0	443.0/ 2811.0	284.5/ 2266.0	207.0/ 338.0	676.0/ 837.0
<b>Sólidos totais dissolvidos</b>	147.6/ 310.0	45.5/ 80.3	159/ 232.0	180.0/ 339.0	257.0/ 488.0	38.0/ 118.6	144.0/ 175.0	110.6/ 1131.0	104.0/ 173.0	338.0/ 471.0
<b>NaCL</b>	0.6/ 1.2	0.2/ 0.3	0.6/ 1.2	0.7/ 1.4	1.1/ 1.9	0.2/ 0.6	0.7/ 5.0	0.6/ 4.5	0.4/ 0.6	1.3/ 1.9
<b>Ph</b>	07	06	0.0	07	0.0	05	01	19	0.0	0.0
<b>Turbidez</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Cloro</b>	17	05	30	23	25	30	22	25	30.0	23
<b>Nitrito</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	01	02	0.0	0.0	0.0
<b>Nitrato</b>	02	0.0	0.0	0.0	0.0	23	03	0.0	0.0	02
<b>Ferro</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	06	0.0	0.0

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

A variável cloretos apresentou inconformidade em 05 amostras no município de Cajari no período de baixa pluviosidade, 01 amostra no município de Viana e 04 amostras em Monção no período de alta pluviosidade ultrapassando o valor paramétrico ( $\leq 250,0$  mg/L permitido pela legislação vigente).

De acordo com a CETESB (2009), os teores anômalos de cloretos são indicadores de contaminação por água do mar, esgoto sanitário e efluente industrial.

Referente ao pH, os municípios que apresentaram valores abaixo do preconizado pela legislação, no período de baixa pluviosidade, foram: Pinheiro 10 amostras não conforme, Arari 06 amostras e Cajari 10 amostras; já no período de alta pluviosidade Pinheiro apresentou 09 amostras não conforme, Viana 07 amostras, Bela Vista do Maranhão 05 amostras, Monção 01 amostras e Cajari 10 amostras.

O pH compõe uma das variáveis de potabilidade da água, de forma que as águas destinadas ao abastecimento público devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5 de acordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Os resultados indicam água levemente ácida, pois os valores estão bem abaixo do que preconiza a legislação. O pH ácido demonstra que está ocorrendo processo de decomposição no ecossistema hídrico. A determinação dessa variável é importante para águas destinadas ao consumo humano por ser considerado um fator preponderante de reações e solubilização de várias substâncias.

Segundo Cunha et al. (2012), pH baixo pode estar relacionado com a característica do solo da região e características físico-químicas da água.

Para a variável Teor Residual de Cloro Livre todos os municípios apresentaram inconformidade com a portaria, estando abaixo do valor máximo permitido, indicando água sem tratamento, o que representa risco ao consumidor. No período de baixa pluviosidade Pinheiro apresentou 08 amostras sem teor de cloro, Matinha 14 amostras, Viana 02 amostras, São Bento 12 amostras, Bela Vista do Maranhão 15 amostras, Monção 13 amostras, Cajari 15, Pedro do Rosário 15, Conceição do Lago Açú 10 e para o período de alta pluviosidade os municípios Pinheiro 09, Arari 05, Matinha 14, Viana 05, São Bento 13, Bela Vista do Maranhão 15, Monção 09, Cajari 10, Pedro do Rosário 15, Conceição do Lago Açú 13.

O cloro é um agente bactericida, adicionado durante o tratamento da água com o objetivo de eliminar bactérias e outros micro-organismos patogênicos que podem estar presentes na água (CETESB, 2010) e é considerado fator contribuinte para redução de doenças veiculadas pela água.

O parâmetro nitrato foi identificado em 09 amostras no município de Bela Vista do Maranhão, no período de baixa pluviosidade e nos municípios de Pinheiro 01 amostra, Bela Vista do Maranhão 14 amostras, Monção 03 amostras, Conceição do Lago Açú 02 amostras, no período de alta pluviosidade, ultrapassando o valor paramétrico (10 mg/L).

O nitrato, em particular, pode alcançar os lençóis freáticos e cursos da água, causando enfermidades pelo consumo da água contaminada (cianose infantil ou metaemoglobinemia e câncer no estômago) e danos ambientais, tais como a eutrofização (BURT, 1993; CUNHA et al., 2012).

É o constituinte inorgânico mais problemático, devido a uma ampla distribuição, grande mobilidade em sub-superfície, estabilidade em sistemas aeróbicos das águas subterrâneas e risco à saúde humana, principalmente em crianças e idosos (ECKHART et al., 2009).

Para ferro os municípios de Cajari e Pedro do Rosário revelam 02 e 03 amostras, respectivamente, contendo este íon em concentrações variáveis, no período de baixa pluviosidade e no período de alta pluviosidade Cajari apresentou 04 amostras não conforme, ou seja, com valores acima do recomendado pela Portaria que é de 0,3 mg/L.

Para as variáveis Dureza total e Nitrito, dois municípios apresentaram não conformidade. Foram identificadas 02 amostras fora do padrão para dureza total no município de Cajari e 01 no município de Bela Vista do Maranhão, todas no período de alta pluviosidade. Para nitrato 02 amostras excederam o limite aceitável no município de Monção, ambas no período de alta pluviosidade. O VMP de dureza total preconizado pela Portaria 21914/11 é  $\leq 500,0$  mg/L e de é nitrito 1,0 mg/L.

As não conformidades para os parâmetros cloretos, pH, cloro, nitrito, nitrato e ferro podem estar associadas à contaminação por esgoto sanitário, efluente industrial e ineficiência no tratamento.

A análise de correlação entre os parâmetros físico-químicos foi elaborada com base no coeficiente de Pearson como índice de similaridade, verificando o grau de relacionamento entre as variáveis, por meio da matriz de correlação para os parâmetros físico-químicos estudados das amostras da água na Baixada Maranhense (Tabelas 05 e 06). Para a análise da matriz foram consideradas as correlações positivas fortes entre  $\pm 0,50$  e  $\pm 1,0$ .

Constatou-se uma forte e positiva correlação da condutividade elétrica com os parâmetros que aumentam a carga iônica Cloretos e NaCL, bem como Cloretos com Condutividade Elétrica e NaCL (Tabela 05). Estas correlações são perfeitamente previstas, já que a condutividade elétrica é um parâmetro que está diretamente relacionado com a presença de íons dissolvidos na água (MANASSÉS, 2009). Observou-se uma boa correlação do Cloretos com a Dureza Total (Tabela 05), indicando que a dureza total das águas analisadas é permanente.

Verificou-se correlação entre os parâmetros nitrito e nitrato (Tabela 06), que se explica pelo fato das duas espécies pertencerem ao mesmo ciclo (ciclo do nitrogênio). Neste ciclo, o nitrito sofre oxidação produzindo nitrato com a participação de bactérias autótrofas do grupo nitrobactérias (CASTRO, et. at., 2014). As demais variáveis apresentaram correlação fraca ou moderada.

**Tabela 05** – Correlação dos parâmetros físico-químicos em função da pluviosidade dos municípios da Baixada Maranhense.

CORRELAÇÃO		Baixa Pluviosidade					
		Dureza Total	Alcalinidade total	Cloretos	Condutividade	NaCl	pH
Alta pluviosidade	Dureza total	0.40	0.20	0.73	0.42	0.42	-0.02
	Alcalinidade total	-0.05	0.85	-0.11	0.21	0.21	0.75
	Cloretos	0.10	0.02	0.50	0.55	0.57	0.09
	Condutividade	0.21	0.32	0.60	0.73	0.69	0.31
	NaCl	0.24	0.31	0.61	0.69	0.64	0.26
	Ph	-0.05	0.51	-0.30	-0.04	-0.03	-0.03

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

\*Valores destacados em vermelho não apresentam efeito significativo para a correlação ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 06** – Correlação dos parâmetros físico-químicos em função da pluviosidade dos municípios da Baixada Maranhense

CORRELAÇÃO		Baixa Pluviosidade					
		Sólidos totais	Turbidez	Cloro	Nitrito	Nitrato	Ferro
Alta pluviosidade	Sólidos totais	0.76	-0.07	-0.23	-0.34	-0.14	-0.02
	Turbidez	0.12	0.35	-0.11	0.01	0.05	0.26
	Cloro	-0.01	0.05	0.58	-0.21	-0.23	-0.08
	Nitrito	-0.02	-0.15	-0.17	0.32	0.24	-0.11
	Nitrato	-0.18	-0.18	-0.21	0.51	0.47	-0.13
	Ferro	0.17	0.22	-0.12	-0.09	-0.07	0.07

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

\*Valores destacados em vermelho não apresentam efeito significativo para a correlação ( $P < 0,05$ ).

Considerando os resultados para as diferentes variáveis de indicadores microbiológicos, físicos e químicos para cada município verificou-se que os problemas sanitários pesquisados e detectados são complexos e apresentam riscos à população local constituindo-se como um fator crítico de melhoria dos indicadores de qualidade da água para consumo humano.

Destaca-se que o estudo abordou 10 municípios de uma região que é oficialmente composta por 21 municípios, população estimada em 563.877 habitantes. Portanto, a pesquisa é uma amostra significativa da falta de qualidade da água que os moradores estão consumindo.

A OMS ressalta que raramente ocorrem problemas sérios de saúde, associados à presença de contaminantes químicos na água de consumo, a não ser que aconteçam contaminações acidentais massivas ou períodos prolongados de exposição (GUIDELINES, 2004).

A ANA por meio da sua política de monitoramento da qualidade da água institui o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade da água – QUALIÁGUA, que possui como um dos seus objetivos o fortalecimento do monitoramento da qualidade da água. A agência classifica os estados brasileiros em três grandes grupos: o que “operam redes de qualidade da água e que podem expandi-las imediatamente”; “operam redes, mas que precisam aumentar a capacidade de operação” e “o terceiro grupo é formado por 12 estados em que o monitoramento é inexistente ou não está consolidado: AC, AL, AP, AM, MA, PA, PI, RO, RR, SC, SE e TO” (ANA, 2016). Cabe destacar que o Maranhão está classificado neste último grupo (ANA, 2016).

Segundo a FUNASA (2001) o fornecimento da água potável para população é de responsabilidade total dos órgãos públicos do governo, devendo a água destinada a consumo humano estar em conformidade com o padrão de potabilidade, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos não ofereçam riscos à saúde.

#### **4 CONCLUSÕES**

Todos os municípios avaliados apresentaram contaminação por, pelo menos, um dos micro-organismos pesquisados e os municípios com os menores IDHM foram os que apresentaram maior índice de contaminação. A contaminação por Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* pode estar associada a fontes pontuais de poluição e a falta de tratamento no sistema de distribuição;

Foram encontradas não conformidades para os parâmetros físico-químicos dureza total, cloretos, pH, cloro residual livre, nitrito, nitrato e ferro podendo esta contaminação estar associada as atividades antrópicas prejudiciais aos corpos hídricos;

A água avaliada na pesquisa e utilizada pela população da Baixada Maranhense não é potável podendo representar risco para a saúde sem prévio tratamento.

Os corpos hídricos que abastecem os municípios da Baixada Maranhense, servem, em sua grande maioria, como escoadouros para os resíduos líquidos e sólidos. Os esgotos são lançados sem nenhum tipo de tratamento.

Na variação sazonal dos níveis de micro-organismos verificou-se que a maior contaminação ocorreu no período de baixa pluviosidade; bem como, para os parâmetros físico-químicos existem correlações.

Destaca-se que apesar dos dados revelarem maior contaminação e/ou não conformidade com a legislação serem maiores nos municípios com menor IDHM, os municípios classificados ou ranqueados com maior, também foram encontrados inconformidades.

Monitorar os indicadores de qualidade da água como parâmetro justaposto ao IDHM foi uma forma de identificar prioridade e avaliar as políticas públicas ambientais e de saúde. Os gestores públicos devem primar pela saúde da população e um dos meios é a água de qualidade.

Ressalta-se ainda a importância da discussão das interfaces da gestão de recursos hídricos, medida indispensável à promoção da seguridade hídrica a população, do uso racional e da preservação desses mananciais.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão - FAPEMA (Processo Universal-00650/15 e REBAX 03635/13) pelo apoio financeiro no projeto de pesquisa “Indicadores de Qualidade da água em municípios da Baixada Maranhense”.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. - APHA 2005; AWWA; WEF **Microbiological examination of water. In: Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21<sup>th</sup>ed. Washington, D.C: APHA 2005,194p.

ANA. Agência Nacional de águas. **Portal da Qualidade das Águas.** Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 12\_junho\_2016.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 4<sup>a</sup> Ed. Funep, 2006, 237p.

BASSANI, Marlise A. Fatores psicológicos da percepção da qualidade ambiental. In: MAIA, Nilson Borlina; MARTOS, Henry Lesjak; BARRELLA, Walter (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC, 2001. p. 47-57.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde - Um olhar do SUS**. 2012. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/junho/02/Plano-de-Seguran--a-da---gua-Garantindo-Qualidade-e-Promovendo-Sa--de--Um-Olhar-do-SUS.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914**, de 12 de Dezembro de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: < <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm./2011.>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

BRASIL – **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC – n. 275**, de 22 de setembro de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005.

BURT, T. P.; HEATHWAITE, A. L.; TRUDGILL, S. T. Nitrate process, patterns and management. **Chichester**, John Wiley, cap.15, p. 404-8, 1993.

CASTRO, J.S.O. de; JÚNIOR, B.T.B.R; PONTES, A.N.; MORALES, G, P. Potabilidade das águas subterrâneas para o consumo humano na área do polo industrial de Barcarena-Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2014 292.

CARVALHO NETA, R.N.F.; DANTAS, J.G.; SOUSA, D.B.P.; ANDRADE, T.S.O.M.; FARIAS FILHO, M.S. Área de proteção ambiental da Baixada Maranhense; Desafios atuais e futuros para a gestão dos recursos aquáticos. UEMA. FAPEMA. Cap. 3, p.55-67, 2015.

CETESB. **Relatório de Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: 2009. CETESB, 2009.310p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 10 jun 2016.

CUNHA, A. C. et al. Simulação da Hidrodinâmica, Dispersão de Poluentes e Análise de Respostas de Estações Virtuais de Monitoramento no Rio Matapi - AP. **Revista de Estudos Ambientais** (Online), v. 13, n.2, p. 18-32, 2011.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DI BERNARDO, L; DI BERNARDO DANTAS, A. Tecnologia de tratamento. In:\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. Ed. São Carlos: RiMa, 2005, v.1 cap. 2, p. 5-40.

DREWES, J. E.; FOX, P. Effect of drinking water sources on reclaimed water quality in water reuse systems. **Water Environment Research**. v. 3, p. 353-362, 2000.

ECKHARDT, R. R. et al. Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. **Ambi-Água**, v.4, n. 1, p. 58-80, 2009.

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. 13ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

GUIDELINES for Drinking-water Quality. **World Health Organization** 2004; 1: 1-21.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

MANASSÉS, F. **Caracterização Hidroquímica da Água Subterrânea da Formação Serra Geral na Região Sudoeste do Estado do Paraná**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MASULLO, Y.A.G.; RIBEIRO, A. L. B.; SANTOS, J.R.C. **Avaliação da distribuição do acesso ao serviço de saneamento básico no estado do Maranhão**. 2010. Disponível em: <[http://www.imesc.ma.gov.br/temp/docs/estudo\\_saneamento\\_20120918.pdf](http://www.imesc.ma.gov.br/temp/docs/estudo_saneamento_20120918.pdf)>. Acesso em: 19 de junho de 2016.

MICHELINA, A. de F.; BRONHAROA, T. M.; DARÉB, F.; PONSANOC, E. H. G. Qualidade microbiológica da águas de sistemas de abastecimento público da região de Araçatuba, SP. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 20, n. 147, p. 90-95, dez. 2006.

PIZELLA, D. G. **Análise da Sustentabilidade do Sistema de classificação das águas doces superficiais**. (Dissertação de Mestrado). São Carlos-SP: USP (2006).

R Core Team (2014). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org> > Acesso em: 20 de julho de 2016.

RIBEIRO, Helena; VARGAS, Heliana C. Qualidade ambiental urbana: ensaios de uma definição. IN: RIBEIRO, Helena; VARGAS, Heliana C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo: Edusp, 2001. p. 13-19.

ROCHA, Amanda Gomes Krull, et al. Avaliação microbiológica da água de poços rasos próximos a um córrego. **Revista Ciências do Ambiente**, On-Line Julho, 2011 Volume 7, Número 1.

RODRIGUES, Zulimar Márita Ribeiro. **Sistema de Indicadores e desigualdade socioambiental intraurbana de São Luis-MA**. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SÁ, L. L. C. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento – Belém do Pará, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 14, n.3, p. 171-180, 2005.

SOUZA, J.B; DANIEL, L. A. Inativação dos microrganismos indicadores *Escherichia coli*, *colifagos* e *Clostridium perfringens* empregando ozônio. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. v. 4, n. 2, p.265-273, Maio/Ago. 2008.

## CAPÍTULO II

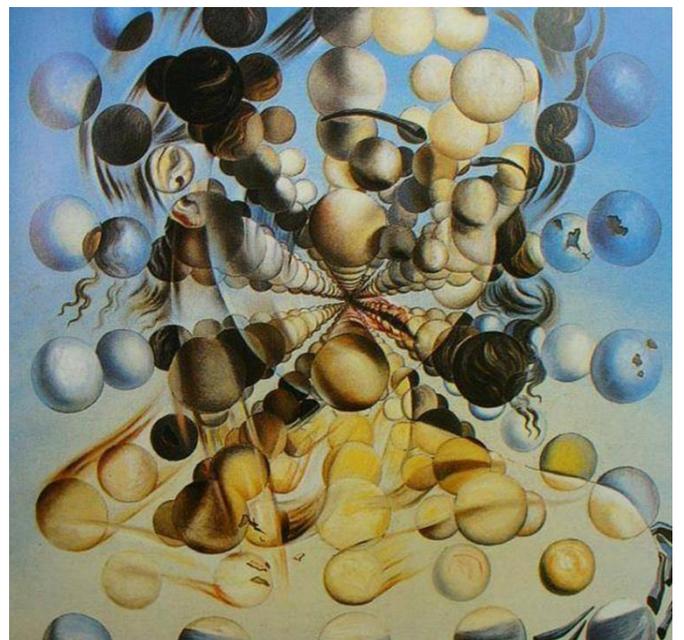
---

### ANÁLISE ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE

Artigo submetido à revista RA'E GA - O Espaço

*“O mundo que o espírito humano conhece e explora não sobrevive sem conceitos simbólicos. O símbolo e a metáfora são tão necessários à Ciência, como a Poesia”*

*Jacob Bronowski*



## ANÁLISE ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE<sup>2</sup>

Luciana da Silva BASTOS<sup>1</sup>, José Aquino JUNIOR<sup>2</sup>,  
Zulimar Márita Ribeiro RODRIGUES<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Saúde e Ambiente pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA, MA - Brasil

<sup>2</sup>Professor Doutor da Universidade Federal do Maranhão, UFMA, MA - Brasil

<sup>3</sup>Professora Doutora da Universidade Federal do Maranhão, UFMA. Centro de Ciências Humanas/CCH. Avenida dos Portugueses, nº 1966, Bacanga, MA - Brasil. E-mail: zmaritaribeiro@hotmail.com / zmarita@usp.br (autor correspondente)

\*Apoio financeiro: FAPEMA (Processo Universal-00650/15)

### RESUMO

Tendo em vista a significativa importância da água como fonte de abastecimento e sua relação com a saúde pública, o objetivo deste estudo foi fazer uma análise espacial da qualidade da água para consumo humano em municípios da Baixada Maranhense mediante a confecção de mapas de vulnerabilidades ambientais. A pesquisa foi realizada em 10 municípios que integram a pesquisa Rede da Baixada Maranhense (REBAX 01), sendo 05 com os menores IDHM e 05 com os maiores IDHM. Para as análises microbiológicas foram pesquisados os micror-organismos Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* por meio do método rápido com substrato enzimático cromogênico (Colilert®, Pseudalert® e Enterolert®). Os pontos de coletas consistiram de uma amostragem ao longo da área urbana dos municípios selecionados para a pesquisa, onde, com o auxílio do GPS, 300 pontos da água da rede de distribuição foram georreferenciados e geoprocessados para a confecção de mapas temáticos. No presente estudo foi observado que as águas subterrâneas avaliadas apresentaram os maiores índices de não conformidade com os padrões de potabilidade, indicando a ocorrência de contaminação. Considera-se que este fato pode estar associado à contaminação do lençol freático e/ou precária situação de saneamento básico dos municípios. A variação microbiológica da água compromete a qualidade, apresentando risco à saúde da população que se abastece da água subterrânea e superficial para consumo humano sem tratamento adequado. O uso do geoprocessamento para espacializar informações referentes à qualidade da água constitui uma importante ferramenta de análise, visto que possibilitou uma melhor compreensão da distribuição e localização dos contaminantes por toda rede de drenagem da bacia hidrográfica dos municípios pesquisados, contribuindo assim para a implantação das ações mais efetivas na promoção da qualidade e consumo da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vulnerabilidade ambiental, Indicadores da água, Geoprocessamento, Contaminação ambiental.

---

<sup>2</sup> Microrregião que compõe a Mesorregião Norte Maranhense, é considerada uma zona úmida de importância internacional pela convenção de RAMSAR (tratado intergovernamental que estabelece marcos para ações nacionais e para a cooperação entre países com o objetivo de promover a conservação e o uso racional de zonas úmidas no mundo), (CARVALHO NETA, et. al. 2015).

## ANALYSIS SPATIAL QUALITY OF WATER IN THE MUNICIPALITIES BAIXADA MARANHENSE

### ABSTRACT

Given the significant importance of water as a source of supply and its relation to public health, the aim of this study was to make a spatial analysis of the drinking water quality in municipalities in the Baixada Maranhense by making environmental vulnerability maps. The survey was conducted in 10 municipalities of the Network Search Baixada Maranhense (REBAX 01) and 05 with minor IDHM and 05 with the highest IDHM. For microbiological analyzes were surveyed total coliforms micror-organisms, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Enterococcus faecalis* by the fast method with chromogenic enzyme substrate (Colilert®, Pseudalert® and Enterolert®). The collection points consisted of a sample along the urban area of the municipalities selected for the survey, where, with the aid of GPS, 300 points of the distribution network water were georeferenced and geoprocessed for making thematic maps. In the present study it was observed that the evaluated groundwater showed the highest rates of non-compliance with potability standards, indicating the occurrence of contamination. It is considered that this fact may be associated with contamination of the water table and / or precarious sanitation municipalities. Microbiological variation of water compromises the quality, presenting risk to the health of the population that supplies of groundwater and surface water for human consumption without proper treatment. The use of geoprocessing for spatialise information regarding the water quality is an important analysis tool, as it enabled a better understanding of the distribution and location of contaminants throughout the drainage system of the river basin of the municipalities surveyed, thus contributing to the implementation of the actions more effective in promoting quality and water consumption.

**KEYWORDS:** Environmental vulnerability, Water indicators, Geoprocessing, Environmental contamination.

### 1 INTRODUÇÃO

A água constitui, atualmente, uma das principais preocupações mundiais no que diz respeito aos seus usos preponderantes e a sua manutenção como um bem de todos, em quantidade e qualidade adequadas. A atenção das autoridades sanitárias para com os sistemas públicos de abastecimento da água, destino de dejetos, tratamento de esgoto, coleta e disposição de resíduos sólidos gerados, principalmente nos grandes centros urbanos, está tradicionalmente direcionada para as consequências que os problemas desse contexto são capazes de causar ao Meio Ambiente e à Saúde Pública (SÁ et al., 2005).

Em alguns territórios, a água tem se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida. Os crescentes desmatamentos, os processos de erosão/assoreamento dos mananciais superficiais, os lançamentos de efluentes e detritos industriais e domésticos

nos recursos hídricos tem contribuído para tal situação. Nos países em desenvolvimento essa problemática é agravada em razão da baixa cobertura da população com serviços de abastecimento da água com qualidade e quantidade (BRASIL, 2006).

O propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública. Os critérios adotados têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que, se propriamente implementadas junto à população, garantirão a segurança do fornecimento da água por meio da eliminação ou redução à concentração mínima de constituintes na água perigosos à saúde (D'AGUILA et al., 2000).

Segundo a Portaria Nº. 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde a água potável é a que atende ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. O padrão de potabilidade é um conjunto de valores permitidos como parâmetros da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011).

A universalidade do acesso à água de qualidade ainda é um grande desafio no Brasil e respectivos estados. Maior desafio é a existência da sobreposição entre os sistemas das redes de abastecimento água e esgotos. O Ministério das Cidades mediante a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental monitora as ações sobre os serviços de abastecimento da água e esgoto entre os principais diagnósticos está o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS.

Os estados brasileiros são avaliados por meio de vários indicadores, como o Índice de atendimento urbano por rede da água. Por esse índice os estados são classificados em cinco faixas: 18 estados e o Distrito Federal abastecem acima de 90%; 3 estados entre 80% a 90%; 1 estado entre 60% a 80%; 3 estados entre 40% a 60% e 1 estado abaixo de 40%. Cabe destacar que o último relatório de 2014 o SNIS, classificou o estado do Maranhão, como único estado em que o Índice de atendimento urbano por rede da água, na faixa entre 60% a 80%. Entretanto, quando avaliado sob o Índice de atendimento urbano por rede coletora de esgoto, o estado foi classificado na penúltima faixa entre 10% a 20% (BRASIL, 2016). Há, portanto, um evidente descompasso entre abastecimento da água e rede coletora de esgoto, que pode comprometer a saúde dos moradores dos municípios maranhenses.

O Maranhão é um estado rico em recursos hídricos, afirma a Agência Nacional de Água (ANA), quando identifica que a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental abrange, basicamente, o Maranhão e uma pequena porção oriental do estado do Pará. Esta região hidrográfica abrange toda a área da microrregião da Baixada Maranhense (1°59'4°00S e 44°21'-45°33'W), que é drenada por duas importantes sub-bacias “dos rios Mearim e Itapecuru, as maiores, com áreas de 101.061 quilômetros quadrados e 54.908 quilômetros

quadrados, respectivamente, é onde se concentra a maior demanda por m<sup>3</sup>/s da água” (ANA, 2016).

Segundo Rodrigues et al., (2012, p. 221) a Baixada Maranhense apresenta um quadro social bastante preocupante em relação aos serviços de abastecimento da água.

A maior parte dos municípios da região é abastecida por meio da água subterrânea mais precisamente através de poços rasos [...], sendo mais barato e simples sua construção. Os poços são perfurados sem o mínimo critério técnico e estudo hidrogeológico do local, além da distância entre o ponto de captação da água e infiltração dos resíduos de fossas ser muito pequena (normalmente inferior a 5 metros).

Corrêa e Farias Filho (2012, p 213) destacam que na Baixada Maranhense não há de rede de esgoto nos 21 municípios que compreendem essa região, que os moradores utilizam “fossas e sumidouros, mas é possível visualizar o esgoto doméstico correndo a céu aberto em todos os municípios [...]. A deficiência na coleta e tratamento do esgoto trás problemas de ordem social ambiental e principalmente para a saúde da população”.

Destaca-se que a Baixada Maranhense é uma importante região do Estado do Maranhão, as belezas naturais e recursos socioeconômicos demonstram sua singularidade e valor. Tem como característica ser uma depressão em forma de uma extensa concha alongada que progressivamente, ainda que lentamente, se reduza graças ao trabalho incessante de sedimentação provocada pelos rios, por conseguinte, essas terras, parcialmente alagadas têm sua história geológica representada por sedimentos antigos e recentes (IMESC, 2013).

Mesmo que a importância da qualidade hídrica destes municípios seja essencial para o desenvolvimento econômico e social da região, bem como promoção a saúde, não existe pesquisas relevantes que façam análises dos indicadores da água, demonstrando assim a pertinência de estudos com essa temática. Além disso, as características e a dinâmica deste ambiente impõem elevado grau de vulnerabilidade à sua paisagem natural onde predomina a sazonalidade do clima com efeitos diretos na hidrodinâmica dos lagos, durante o período chuvoso, e durante a estação seca, que são secundadas por extensos campos.

Neste estudo, parte-se do pressuposto que o conceito de análise de vulnerabilidade pode ser formalizado como sendo o conjunto de características intrínsecas dos estratos entre a zona saturada e a superfície do solo, o que determina sua suscetibilidade a sofrer os efeitos adversos de uma carga contaminante que é, será ou pode ser aplicada na região acima do nível freático (FOSTER, 1987).

Para uma análise mais acurada de possíveis contaminantes da água nos municípios da Baixada Maranhense e sua relação com o grau de vulnerabilidade ambiental da

área, a análise espacial se fez pertinente, pois permite conhecer espacialmente quais áreas são mais susceptíveis a ocorrência de adversidades ambientais, e que possuem características que potencializam o risco.

Tendo em vista a significativa importância da água como fonte de abastecimento e a sua relação com a saúde pública, o objetivo deste estudo foi fazer uma análise espacial da qualidade da água para consumo humano em municípios da Baixada Maranhense por meio da confecção de mapas de vulnerabilidades ambientais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo**

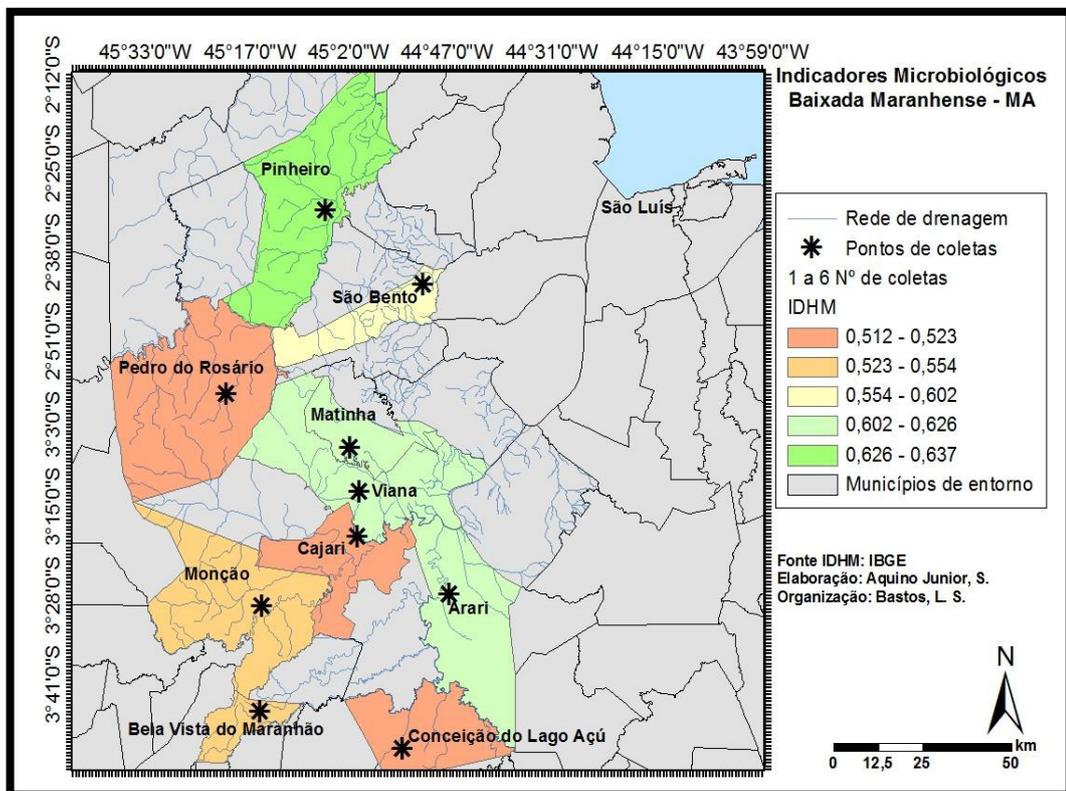
A Microrregião Geográfica da Baixada Maranhense limita-se ao Norte com a Microrregião Geográfica do Litoral Ocidental Maranhense; ao Oeste com as Microrregiões Geográficas do Gurupi e do Pindaré; ao Sul com a Microrregião Geográfica do Médio Mearim e ao Leste com as Microrregiões Geográficas de Rosário e do Litoral Ocidental Maranhense (IMESC, 2013).

A geomorfologia da Baixada Maranhense se apresenta com campos inundáveis ou não, lagos, tesos e morros e, paisagisticamente, apresenta dois períodos um de alta pluviosidade de janeiro a junho e outro de baixa pluviosidade de julho a dezembro. No período de baixa pluviosidade, a paisagem se apresenta em forma de campos, lagos, tesos e morros. A temperatura aumenta, a precipitação pluviométrica diminui gradativamente até desaparecer, o lençol freático reduz o volume, aumenta a perda da água e ocorre percolação, os campos secam, pois as águas que os cobriam desapareceram transportadas por meio dos igarapés, córregos e outros sangradouros, dirigindo-se para os cursos inferiores dos rios da região para, finalmente, se confundirem com a massa líquida do Golfão. No período de alta pluviosidade a paisagem se apresenta em forma de lagos, tesos e morros. Os campos inundados, pelo transbordamento dos lagos e dos rios, desaparecem em virtude do índice pluviométrico, alto e constante, do nível do lençol freático que se eleva e aflora impedindo a passagem da água das chuvas por meio dos poros dos solos (percolação), da infiltração, evapotranspiração e transpiração das plantas. Nesse período, os lagos transbordam formando grandes conjuntos de massa líquida entremeadas pelos tesos, a esses conjuntos o homem rural chama de “mares” (IMESC, 2013). Apresenta um clima úmido com um período de deficiência hídrica e com evapotranspiração potencial nos três meses mais quentes do ano, inferior a 48% em relação a mesma taxa anual (FARIAS FILHO; FERRAZ JÚNIOR, 2009).

## 2.2 Coleta de amostras

A pesquisa foi realizada nos municípios de Pinheiro, Arari, Matinha, Viana e São Bento (maiores IDHM), Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu (menores IDHM), totalizando 10 municípios que integram a pesquisa da Rede da Baixada Maranhense - REBAX 01 (Figura 01), os quais foram escolhidos levando-se em consideração os cinco menores e os cinco maiores IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH, 2010). Durante seis meses, três meses no período de estiagem (outubro, novembro e dezembro de 2015) e três meses no período chuvoso (janeiro, fevereiro e março de 2016). As amostras de água foram coletadas da rede pública de abastecimento (CAEMA, SAAE, SAC), onde em cada município coletaram-se 05 amostras em cada mês totalizando 30 amostras por município. As amostras foram coletadas em frascos esterilizados, acondicionados em caixas isotérmicas e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) onde foram analisadas.

**Figura 01** - Localização dos municípios pesquisados na Baixada Maranhense



Fonte: IBGE, 2016.

### 2.3 Análises dos indicadores de qualidade da água

Para as análises microbiológicas foram pesquisados o Número Mais Provável (NMP) de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* por meio do método rápido com substrato enzimático cromogênico (Colilert®, Pseudalert® e Enterolert®), (APHA, 2005).

Os resultados das análises microbiológicas foram tabulados em planilhas eletrônicas *Microsoft Excel* e posteriormente expressos mediante o somatório das quantidades dos quatro tipos de bactérias analisadas das águas superficiais, por serem águas dinâmicas captadas em rios, para o abastecimento das populações dos municípios de Pinheiro, Arari, Viana e Cajari - MA. Posteriormente foi calculada a média, pela divisão direta do somatório das quantidades de bactérias pela quantidade de amostras coletadas. O mesmo procedimento foi realizado para os seis municípios que captam águas subterrâneas para o consumo de seus contingentes populacionais, os municípios Matinha, São Bento, Bela Vista do Maranhão, Monção e Conceição do Lago Açu - MA.

O teste de correlação de Pearson foi utilizado para medir o nível de associação entre as águas superficiais e dinâmicas dos municípios estudados. Todas as análises estatísticas foram processadas com auxílio do pacote computacional *R* (2014), considerando-se um nível de significância de até 5% de probabilidade.

### 2.4 Geoprocessamento de dados

Os pontos de coletas da água da rede de distribuição consistiram de uma amostragem ao longo da área urbana dos municípios selecionados para a pesquisa, onde com o auxílio do GPS *Garmin Trex*, 300 pontos de coleta foram devidamente georreferenciados.

Para as análises geográficas de uso e ocupação do solo, bem como da distribuição dos pontos de coleta, utilizou-se as abordagens empregadas pela Geografia da Saúde, a qual utiliza análises espaço-temporais no intuito de responder problemáticas ligadas à saúde e suas correlações com o ambiente. Para tanto, a pesquisa geoprocessou as condições socioeconômicas da área de estudo bem como suas relações com os pontos de coleta.

No ensejo de analisar a distribuição espaço-temporal dos indicadores investigados, esta pesquisa utilizou um sistema de informação geográfico (GIS), ao qual propôs a confecção de uma coleção de mapas. Para a realização do geoprocessamento e tratamento dos dados geográficos foram utilizados os softwares *ArcGis 10.2*®, no intuito da representação espacial por mapas temáticos, além do *Google Earth Pro*® que serviu para correção de coordenadas de alguns pontos de coleta.

Assim, por meio de técnicas de Geoprocessamento, derivadas dos dados de localização dos pontos de coleta, bem como do endereçamento dos moradores do entorno destes pontos, foram realizadas as seguintes atividades com a finalidade de produzir mapas de vulnerabilidade ambiental:

Pontos de coleta da água e Ambiente Urbano:

- Distribuição espacial dos pontos de coleta da água;
- Mapeamento das microbacias hidrográficas dos municípios analisados;
- Caracterização da demografia geral.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de geotecnologias pode potencializar a visualização de cenários e tendências relacionadas aos usos múltiplos e os conflitos gerados pelo desequilíbrio entre oferta e demanda da água para consumo. Dessa forma, a análise espacial dos dados de qualidade da água dos municípios de Pinheiro, Arari, Matinha, Viana, São Bento (Maior IDHM) Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário, Conceição do Lago Açu (menor IDHM) foi representado por meio de mapas, onde a presença dos micro-organismos foi indicada por suas respectivas siglas: Coliformes totais (CT), *Escherichia coli* (EC), *Pseudomonas aeruginosa* (PA) e *Enterococcus faecalis* (EF).

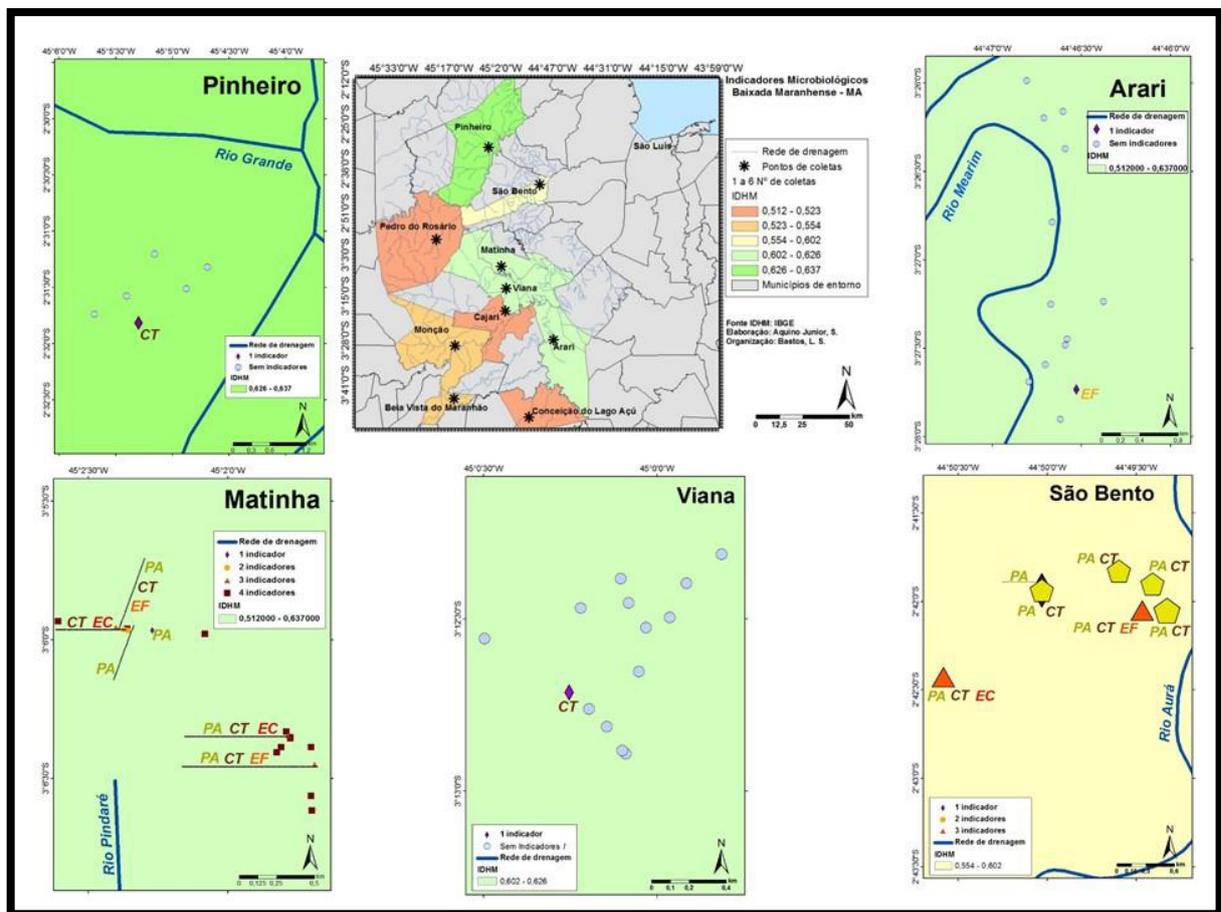
Para representar o quantitativo de micro-organismos presente em cada ponto, acrescentou-se formas geométricas suas respectivas legendas em cada figura, onde o círculo na cor azul clara indica que não houve presença de micro-organismos, o losango na cor lilás indica que houve contaminação por apenas um indicador microbiológico, o pentágono na cor amarela indica que houve contaminação por dois indicadores, o triângulo na cor laranja indica que houve contaminação por três indicadores e o quadrado na cor vermelha indica que houve contaminação por quatro indicadores.

A figura 02 demonstra os pontos de coleta da água nos municípios com maior IDHM, onde, das 30 amostras coletadas em cada município, somente uma amostra estava contaminada por Coliformes totais em Pinheiro, e uma em Viana, seguido de Arari que apresentou contaminação por *Enterococcus faecalis* em 01 amostra. Já em São Bento encontrou-se contaminação por Coliformes totais (08 amostras), *Escherichia coli* (02 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (21 amostras) e *Enterococcus faecalis* (01 amostra). Para o município de Matinha foi verificado contaminação por Coliformes totais (29 amostras), *Escherichia coli* (22 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (29 amostras) e *Enterococcus*

*faecalis* (20 amostras), (Figura 02). Fato que pode estar associado às deficientes condições higiênicas e sanitárias do sistema de abastecimento.

É interessante ressaltar que Matinha, por ser um dos municípios que faz parte do grupo de melhor IDHM, apresentou contaminação por todos os micro-organismos pesquisados em relação aos outros municípios.

**Figura 02:** Espacialização dos pontos de coleta da água nos municípios de Pinheiro, Arari, Matinha, Viana e São Bento – MA (Maior IDHM), 2016



**Fonte:** dados da pesquisa, 2016.

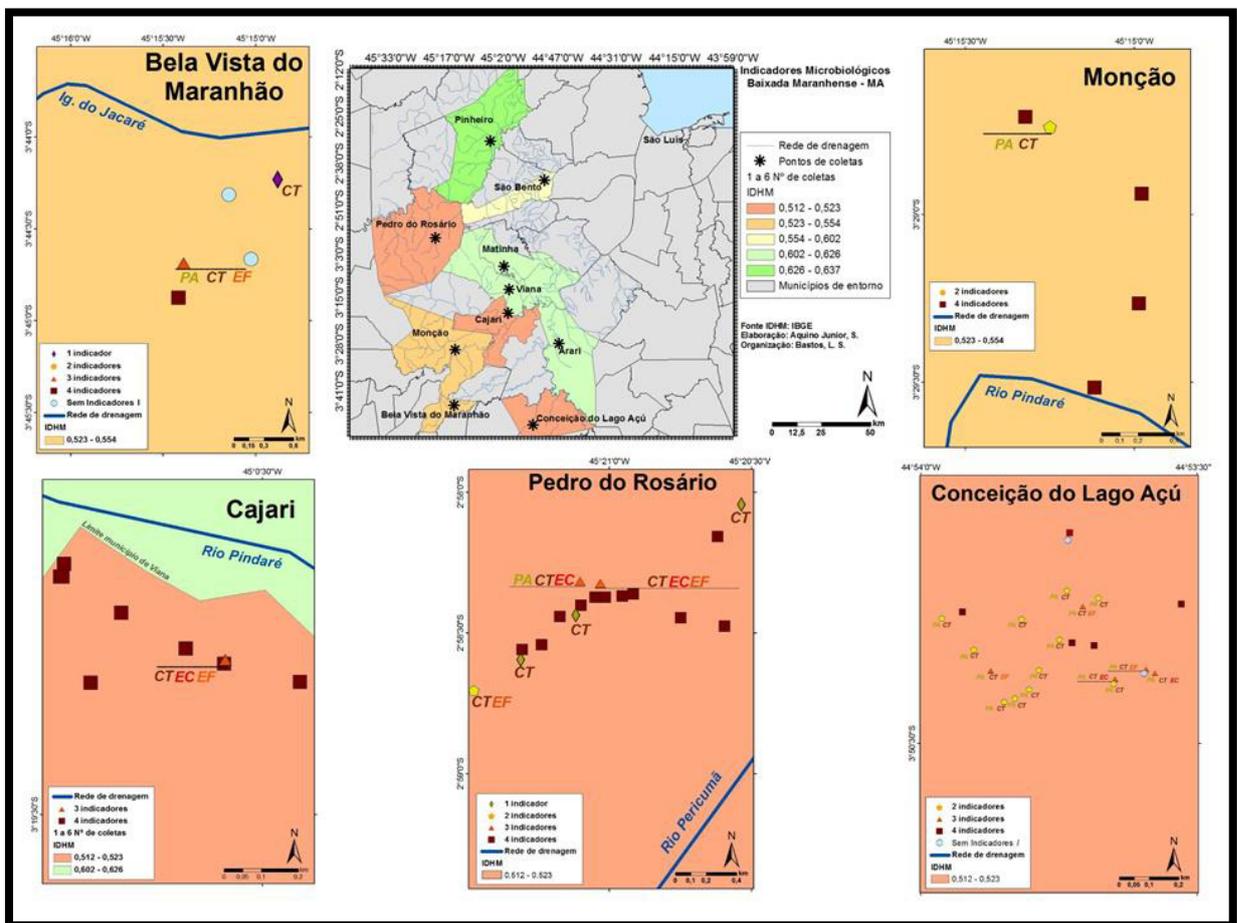
Para os municípios com menor IDHM, Bela Vista do Maranhão apresentou contaminação por Coliformes totais (14 amostras), *Escherichia coli* (05 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (04 amostras) e *Enterococcus faecalis* (03 amostras). Em Monção houve contaminação por Coliformes totais (24 amostras), *Escherichia coli* (11 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (25 amostras) e *Enterococcus faecalis* (15 amostras).

Já Pedro do Rosário apresentou contaminação por Coliformes totais (29 amostras), *Escherichia coli* (19 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (18 amostras) e

*Enterococcus faecalis* (21 amostras). Em Conceição do Lago Açú houve contaminação por Coliformes totais (25 amostras), *Escherichia coli* (08 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (25 amostras) e *Enterococcus faecalis* (10 amostras).

O município de Cajari apresentou presença de Coliformes totais (25 amostras), *Escherichia coli* (25 amostras), *Pseudomonas aeruginosa* (16 amostras) e *Enterococcus faecalis* (24 amostras) (Figura 03).

**Figura 03:** Espacialização dos pontos de coleta da água nos municípios de Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açú – MA (Menor IDHM), 2016



Fonte: dados da pesquisa, 2016.

A alocação dos dados apresentou uma maior concentração de micro-organismos nos municípios de Matinha e Cajari. A contaminação pode estar associada à ineficiência de tratamento e a falta de saneamento básico nesses municípios.

Os micro-organismos do grupo dos coliformes são os principais indicadores de condições higienicossanitárias da água, refletindo o estado de qualidade. A ocorrência de

*Escherichia coli* é considerada um indicador específico de contaminação fecal e a possível presença de patógenos entéricos (GUERRA et al., 2006). O manejo inadequado dos dejetos animais ou de fossas sépticas pode levar à contaminação da água por micro-organismos de origem fecal, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*, que podem ser carreados do solo para fontes da água superficiais, como córregos e represas, ou sofrerem percolação, podendo atingir lençóis da água superficial ou pouco profundos, causando contaminação da água, principalmente em época de alta pluviosidade (DANELUZ et al., 2015).

A *Pseudomonas aeruginosa* é a espécie mais frequentemente envolvida nas infecções com ampla localização e severidade, como aquelas do trato respiratório, trato urinário e da corrente sanguínea (PITTEN et al., 2001). Possui uma capacidade de crescer em água com baixos níveis de sólidos dissolvidos e compostos orgânicos, e de adaptar-se a ambientes nutricionalmente muito pobres.

Os resultados das análises microbiológicas encontram-se fora dos padrões preconizados pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e pela RDC 274/05 da ANVISA (BRASIL, 2005). Essas legislações regulamentam as normas de potabilidade da água para consumo humano: para os níveis de qualidade, determina a ausência de Coliformes totais e *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* em amostras de 100 mL da água analisada. Esses resultados evidenciaram o risco a saúde que esse tipo de fonte pode representar, caso não seja aplicadas medidas visando o tratamento e a preservação da qualidade microbiológica da água.

O manejo da água para fins de consumo envolve diversos processos, se destacando, entre estes, a captação da água no ambiente e o tratamento para tornar própria a sua distribuição e consumo. Nesse sentido, a tabela 01 apresenta os tipos de captação da água dos municípios pesquisados é oriunda das águas superficiais e subterrâneas.

**Tabela 01** - Tipos de captação da água dos municípios estudados na Baixada Maranhense

MUNICIPIO	TIPO DE CAPTAÇÃO	IDHM
Pinheiro	Água Superficial	<b>Maior</b>
Arari	Água Superficial	
Viana	Água Superficial	
Matinha	Água Subterrânea	
São Bento	Água Subterrânea	
Bela Vista do Maranhão	Água Subterrânea	<b>Menor</b>
Monção	Água Subterrânea	
Cajari	Água Superficial	
Pedro do Rosário	Água Subterrânea	
Conceição do Lago Açú	Água Subterrânea	

**Fonte:** dados da pesquisa, 2016.

Os municípios de Pinheiro, Arari e Viana, que possuem os melhores IDHM, embora capturem águas superficiais, realizam o tratamento adequado, portanto apresentaram baixas quantidades de micro-organismos. Referente a São Bento e Matinha que abastecem suas populações com águas captadas do lençol freático, via poços artesianos, evidenciaram todos os micro-organismos pesquisados, com maior frequência para *Pseudomonas aeruginosa*, em Matinha. Quanto aos municípios com os menores IDHM - Bela Vista do Maranhão, Monção, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu, que captam águas subterrâneas para realizar o abastecimento da água, com exceção de Cajari, nenhum município realiza tratamento adequado, como se pode comprovar pelas quantidades e tipos de bactérias encontradas nas amostras analisadas.

No estudo foi observado que as águas subterrâneas apresentaram os maiores índices de não conformidade com os padrões de potabilidade. Considera-se que este fato pode estar associado à contaminação do lençol freático e a precária situação de saneamento básico dos municípios ou ainda a incorreta ideia que água subterrânea está livre de impurezas.

Devido à crescente demanda dos recursos hídricos, a exploração das águas subterrâneas vem se tornando uma alternativa bastante atraente para o abastecimento, em virtude da sua abundância. Assim, o recurso hídrico subterrâneo vem se tornando estratégico para o abastecimento da água e o desenvolvimento econômico da sociedade, devendo, portanto ser protegido contra a poluição (GODOY, 2013).

Na tabela 02, a razão mede a quantidade de vezes que os municípios que captam água subterrânea, via poço artesiano atinge o lençol freático, onde se detectou mais micro-organismos de que os que coletam águas superficiais dinâmicas.

A coluna A, apresenta os resultados para a captação de águas superficiais, sendo que dos municípios pesquisados Cajari apresentou contaminação por Coliformes totais e *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*, fato esse por não realizar o tratamento adequado, o que resulta na alta quantidade de micro-organismos na água consumida pela população, que contribui para aumentar o risco para a saúde.

A coluna B apresenta os resultados para os municípios que captam água subterrânea, tanto os municípios de Matinha e São Bento, que possuem maiores IDHM, quanto os municípios de Bela Vista do Maranhão, Monção, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu com menores IDHM, todas evidenciaram expressivas quantidades de micro-organismos possivelmente devido à ausência ou ao tratamento deficitário realizado nas águas para consumo humano.

**Tabela 02:** Contagem de média de micro-organismos identificados em amostras de águas superficiais e subterrâneas dos municípios da Baixada Maranhense, 2015/2016

Mês/Ano	Média de bactérias nas amostras captadas nas águas superficiais (A)	Média de bactérias nas amostras captadas nas águas subterrâneas (B)	Razão B/A
out/15	23,32	77,21	3,31
nov/15	26,30	189,39	7,20
dez/15	40,34	159,29	3,95
jan/16	6,89	76,35	11,08
fev/16	1,47	139,60	95,04
mar/16	21,70	306,75	14,14

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Observa-se ainda significativa redução na média de bactérias das águas superficiais dinâmicas do período de baixa pluviosidade para o período alta pluviosidade, evento que pode estar relacionado ao aumento na evaporação das águas e redução da capacidade de diluição dos efluentes lançados.

A tabela 03 apresenta a correlação dos micro-organismos pesquisados com os tipos de captação de água, onde, pode-se observar que a captação de água subterrânea apresentou maior contaminação que a água superficial.

**Tabela 03 -** Determinação dos indicadores microbiológicos avaliados nos municípios da Baixada Maranhense em função do tipo de captação da água

Tipo de Captação	Micro-organismos			
	Coliformes totais	<i>Escherichia Coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
Água Superficial	1.26b	0.64b	0.27b	0.43b
Água Subterrânea	2.95 <sup>a</sup>	0.90b	3.07a	0.85a
Coefficiente de Variação (%)	104.91	165.64	109.14	155.62

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

<sup>a,b</sup>Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem pelo teste F (P<0,05).

As correlações evidenciadas fazem refletir sobre o contexto da qualidade da água na saúde pública e a vulnerabilidade da população ao consumir água sem tratamento adequado, promovendo condições favoráveis a possíveis agravos.

Segundo Rodrigues et al. (2012, p. 221) a maioria dos municípios da Baixada Maranhense utilizam água subterrânea mais precisamente por meio de poços rasos, por serem mais barato e de simples construção. “Os poços são perfurados sem o mínimo critério técnico e estudo hidrogeológico do local, sem uma adequada distância entre o ponto de captação de água e infiltração de fossas pequenas (normalmente inferior a 5 metros)”. Ainda segundo os mesmos pesquisadores, em 10 amostras de água de poço analisadas no município de Pinheiro, apenas duas obedeciam aos padrões da legislação.

Andrade et al. (2010) apontam que a poluição da água é intensificada no período de estiagem, devido principalmente a diminuição do volume de armazenamento da água no corpo receptor, fazendo com que aumente a concentração dos poluentes no referido ambiente aquático.

No Brasil, as péssimas condições sanitárias verificadas em muitas das bacias hidrográficas densamente e desordenadamente ocupadas, resultam na degradação generalizada dos elementos naturais e, obviamente, dos recursos hídricos. É realidade comum o lançamento de esgotos sanitários não tratados, a disposição inadequada de resíduos sólidos nas mediações de cursos d’água ou em locais sem infra-estrutura adequada, loteamentos clandestinos e outras.

Os mapas produzidos permitiram identificar os municípios com maior incidência de micro-organismos. Revelam ainda as vulnerabilidades da população consumidoras das águas para os mais diversos fins. Em maior escala demonstram a vulnerabilidade socioambiental urbana, pois o consumo da água sem qualidade pode impactar em vários setores; sobretudo na saúde dos municípios. Para Maior e Cândido (2014, p.242), “[...] vulnerabilidade socioambiental urbana está vinculada também, aos fenômenos de adensamento populacional, à segregação espacial urbana, aos processos de exclusão social e às injustiças ambientais [...] e à falta de políticas públicas eficazes”.

Destaca-se que os mapas de vulnerabilidade servem apenas para avaliar o perigo de contaminação da água subterrânea associado às descargas de substâncias que ocorrem na superfície do terreno em fase líquida dissolvida (FOSTER et al., 2006).

Assim, a ineficiência no abastecimento da água com qualidade demonstra ainda a falta de políticas públicas na sua integralidade que busquem ou primem pela qualidade de vida dos moradores.

#### **4 CONCLUSÕES**

A variação microbiológica da água compromete a qualidade, apresentando risco à saúde da população que se abastece da água subterrânea e superficial para consumo humano sem tratamento adequado.

O uso do geoprocessamento para espacializar informações referentes à qualidade da água se constitui em uma importante ferramenta, principalmente porque ajuda na visualização da localização dos contaminantes por toda rede de drenagem da área pesquisada, contribuindo assim, para a implementação das ações de controle para redução destes contaminantes e consequentemente promoção para saúde, visto que melhora a qualidade da água para o consumo humano.

Os indicadores urbanos, no estudo representado pelo IDHM, e justapostos aos parâmetros de qualidade da água são importantes ferramentas para monitorar a qualidade de vida da população e quando associado às técnicas de geoprocessamento podem mapear as fontes problemas, evidenciando por meio da sobreposição dos dados, as áreas mais socioambientais mais vulneráveis.

No âmbito geral, pode-se afirmar que elevados índices de contaminações reveladas pela detecção dos indicadores microbiológicos tem estrita relação com o IDHM. Ou seja, os municípios com menores IDHM foram os que apresentaram condições microbiológicas insatisfatórias; reforçando a vulnerabilidade que a população está submetida, embora, em municípios com maior IDHM também foram encontrado contaminação.

A universalização do acesso à água em quantidade e qualidade é um grande desafio que está posto; sobretudo nos países ou estado pobre como o Maranhão. Assim, a presente pesquisa traz à tona mais dois grandes desafios para retirar a população Baixada Maranhense das situações de vulnerabilidade que são submetidos. A obrigatoriedade em monitorar e divulgar os padrões de qualidade da água e estabelecer a paridade entre a oferta de abastecimento da água e rede coleta de esgoto.

#### **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão - FAPEMA (Processo Universal-00650/15 e REBAX 03635/13) pelo apoio financeiro no projeto de pesquisa “Indicadores de Qualidade da água em municípios da Baixada Maranhense”.

## REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 12\_junho\_2016.
- ANDRADE, E. M. et al. Índice de qualidade da água: uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 02, p.135-142, 2005.
- BRASIL – **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC – n. 275**, de 22 de setembro de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914**, de 12 de Dezembro de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: < <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm./2011.>> Acesso em: 20 de maio de 2016.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços da água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p. : Il. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>. Acesso em 02 de jun. de 2016.
- CARVALHO NETA, R.N.F.; DANTAS, J.G.; SOUSA, D.B.P.; ANDRADE, T.S.O.M.; FARIAS FILHO, M.S. **Área de proteção ambiental da Baixada Maranhense; Desafios atuais e futuros para a gestão dos recursos aquáticos**. UEMA. FAPEMA. Cap. 3, p.55-67, 2015.
- CORRÊA, A. C.G. FARIAS FILHO, M. S. **A deficiência de infraestrutura e perda da qualidade ambiental**. IN. In.FARIAS FILHO. Marcelino Silva (org.) O Espaço Geográfico da Baixada Maranhense – São Luís, MA: JK Gráfica Editora, 2012. 207-224 p.
- D'AGUILA, et al. Avaliação da qualidade da água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cadernos de Saúde Pública**, jul./set. 2000.
- DANELUZ, D. et al. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.82 p. 1-5, 2015.
- FARIAS FILHO, M.S.; FERRAZ JÚNIOR, A.S. de L. A cultura do arroz em sistema de vazante na Baixada Maranhense, periferia do sudeste da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. V.39, n.2, p. 82-91,2009.
- FOSTER, S. et al. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento da água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo: SERVMAR, 2006. 114 p.

FOSTER, S. S. D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants, 38., 1987, Noordwijk. **Proceedings and Information of the International Conference held in the Netherlands**. Noordwijk: TNO Committee on Hydrological Research, 1987. p. 69-86.

GODOY, Adriana Pena. **O Vigiágua e a potabilidade das águas de poços em Salvador, Bahia, Brasil**. / Adriana Pena Godoy. – Salvador, 2013. 173 f. Orientadora: Prof<sup>a</sup>Dr<sup>a</sup> Tania Mascarenhas Tavares. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Medicina, 2013. (IBGE, 2000).

GUERRA, N. M. M.; OTENIO, M. H.; SILVA, M. E. Z.; GUILHERMETTI, M.; NAKAMURA, C. V.; NAKAMURA, T. U.; DIAS FILHO, B. P. Ocorrência de *Pseudomonasaeruginosa* em água potável. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v.28, n.1, p.13-18, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses: microrregião geográfica da Baixada Maranhense** – São Luís: IMESC, 2013.

MAIOR, Mônica Maria Souto; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Avaliação das metodologias brasileiras de vulnerabilidade socioambiental como decorrência da problemática urbana no Brasil. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v.16,n31, PP. 241-264, jun 2014. Disponível em: <http://www.cadernosmetropole.net/component/content/article/31/50-292>. Acesso em: 04 jun 2016.

PITTEN, F.A. et al. Transmission of a multiresistant *Pseudomonas aeruginosa* strain at a German University Hospital. **J. Hosp. Infec.**, v. 47, p.125-130, 2001.

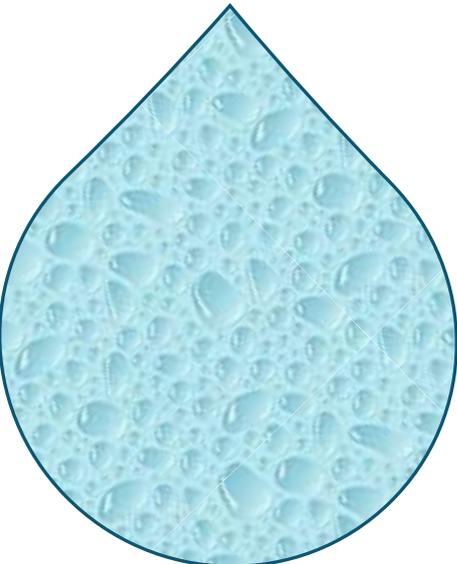
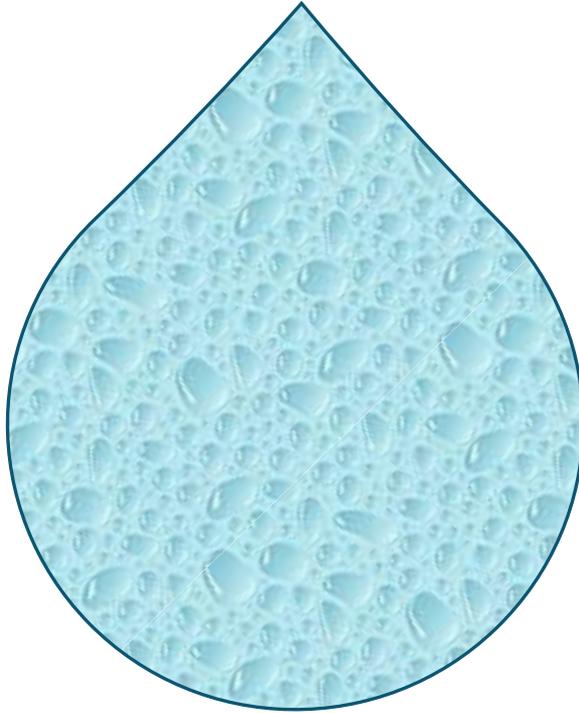
RODRIGUES et Al. **Contaminação da água subterrânea e problemas para a saúde humana na Baixada Maranhense**. In.FARIAS FILHO. Marcelino Silva (org.) O Espaço Geográfico da Baixada Maranhense – São Luís, MA: JK Gráfica Editora, 2012. 215-223 p.

SÁ, Lena Líllian Canto et. al., Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento – Belém do Pará, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde** 2005; 14(3) : 171 – 180.

# CAPÍTULO III

---

## CARTILHA EDUCATIVA: QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO



## APRESENTAÇÃO

Dentre os instrumentos atualmente utilizados como veículos na transmissão de informação que possam conscientizar, sensibilizar e promover reflexão das pessoas, as cartilhas tem merecido destaque, uma vez que de uma forma prática e concisa, conseguem transmitir de maneira agradável os conhecimentos básicos sobre o assunto.

A cartilha educativa Qualidade da água para consumo humano é um material educacional destinado à população de um modo geral e possui conhecimentos básicos sobre a qualidade da água para consumo humano. O recurso de imagem complementa o desenvolvimento da história, lançando o leitor para dentro da mesma e facilitando a compreensão do texto. As às informações essenciais que serviram de base para este estudo e que guiaram a elaboração deste material educativo basearam-se em evidências recentes sobre contaminação da água do projeto Indicadores de qualidade da água para consumo humano em municípios da Baixada Maranhense.

Buscou-se no processo de elaboração da Cartilha educativa, a revisão da literatura com abordagem voltada para qualidade da água, de maneira simples e de fácil entendimento. No processo de construção da cartilha foi levada em consideração a necessidade de material gráfico atraente para ilustrar os cuidados higiênico e sanitário na manipulação e armazenamento da água para consumo humano. A utilização de ilustração permite o envolvimento da população com o texto, tornando prazerosa a aquisição das informações. O cuidado com esses detalhes teve como objetivo a fácil leitura e entendimento do texto.

Para a produção da cartilha foram seguidos os seguintes passos: a) pesquisa de texto adequado ao público; b) foi criado um personagem para levar as informações em uma linguagem popular; c) uma vez criado o personagem foram elaborados os diálogos com as informações mais significantes a serem destinadas ao público; d) a configuração da cartilha obedeceu ao formato 16 (15x21cm), em policromia, com 20 páginas e encadernação tipo “canoas”. O público alvo ao qual se destina a cartilha é a população em geral e demais interessados no tema. Foram enfocados os seguintes temas: O que é água potável; a água destinada ao consumo humano; principais contaminantes da água; micro-organismos que podem contaminar a água; doenças de veiculação hídrica e seus sintomas; exemplo de ações que podem evitar a contaminação da água; manter a sua qualidade e prevenir doenças; dicas de como realizar a limpeza da caixa d'água bem como seu armazenamento correto e informações sobre a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância.

LUCIANA DA SILVA BASTOS  
ELIANE BRAGA RIBEIRO



# QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

São Luís-MA  
2016

**LUCIANA DA SILVA BASTOS**

Bióloga, Especialista em Educação Ambiental  
e Mestranda em Saúde e Ambiente pela  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

**ELIANE BRAGA RIBEIRO**

Bióloga, Especialista em Educação Ambiental e  
Mestre em Ciência Animal pela  
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)



# QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

São Luís-MA  
2016

2016 Luciana da Silva Bastos e Eliane Braga Ribeiro.  
Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

#### COLABORADORES

Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues  
Professora Doutora em Geografia Humana – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

José Aquino Júnior  
Doutor em Geografia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Lúcia Maria Coelho Alves  
Doutora em Medicina Veterinária Preventiva – Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Lorena Santos Gonçalves  
Bióloga, Especialista em Educação Ambiental

#### ARTE

Luciana da Silva Bastos  
Eliane Braga Ribeiro  
Dupla Criação

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Biblioteca Setorial do Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente da UFMA

B327q

Bastos, Luciana da Silva.

Qualidade da água para consumo humano /  
Luciana da Silva Bastos, Eliane Braga Ribeiro. \_  
São Luís, 2016.

XX p.: il.

ISBN XXXXXXXXX

1. Qualidade da água. 2. Consumo de água.  
3. Saúde pública. I. Ribeiro, Eliane Braga. II. Título.

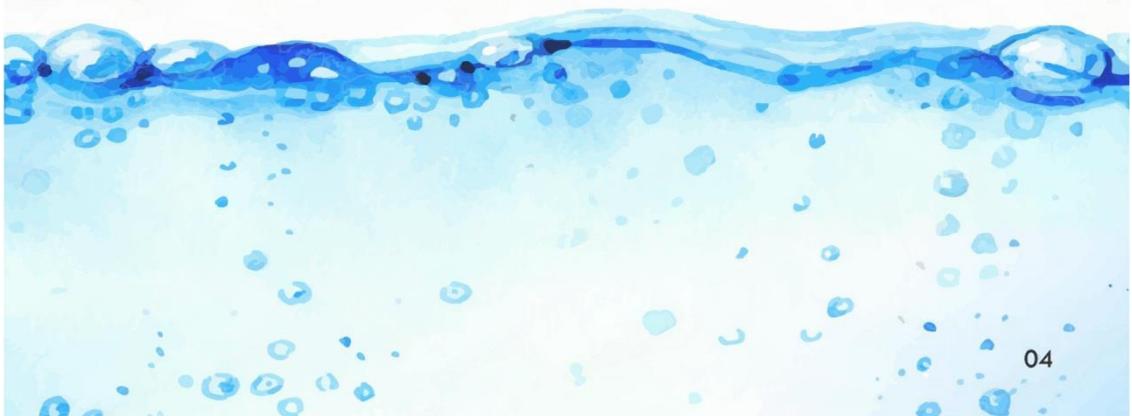
CDU 628.1:614

## APRESENTAÇÃO

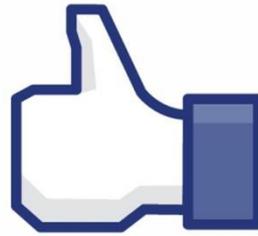


A ingestão da água contaminada pode veicular muitos micro-organismos e parasitas, por isso é importante usar sempre água potável (tratada) para o consumo e para o contato com os alimentos.

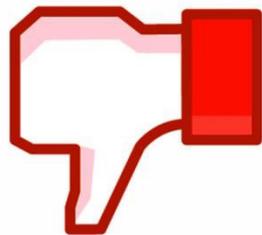
Com embasamento na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde que trata da Potabilidade da Água o presente material pedagógico foi elaborado, com a finalidade de fornecer informações sobre o mecanismo de transmissão de doenças relacionadas com a água, orientar sobre os cuidados para se ter sempre água de qualidade e quais as consequências para a saúde pública quando consumimos água contaminada.



## Água potável



A água potável é aquela **própria para o consumo**, ou seja, deve ser transparente, sem gosto e sem cheiro, livre de substâncias e micro-organismos que podem trazer prejuízos à saúde.



## A água destinada ao consumo humano

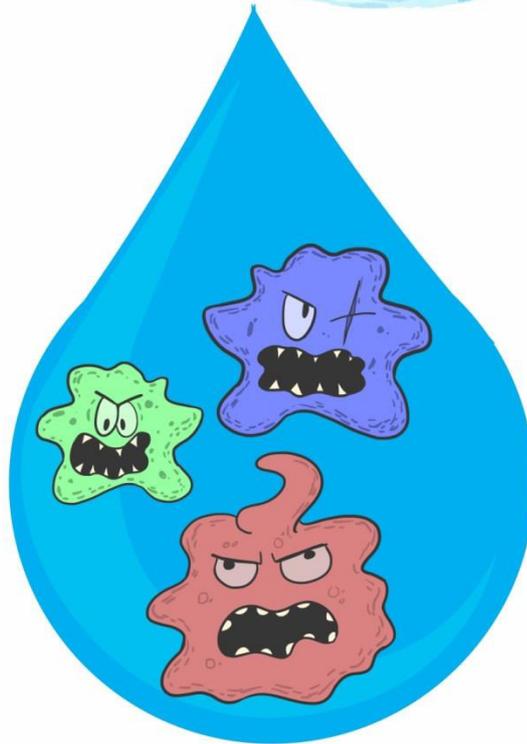


É aquela  
que em seu estado  
natural ou após  
tratamento pode ser  
utilizada para  
beber...

...no preparo e  
cozimento dos  
alimentos e para  
usos domésticos.

A importância  
da qualidade da água  
reside na proteção da saúde  
humana em relação aos  
efeitos nocivos resultantes  
de qualquer contaminação  
da água.

**Cuidado!**  
**A água mesmo parecendo**  
**limpa, pode estar contaminada!**



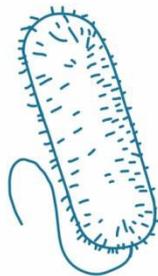
Não é possível conhecer com segurança se a água é potável, apenas analisando-a visualmente, é necessária avaliar suas características físicas, químicas, biológicas e até mesmo radioativas.

## Principais contaminantes da água

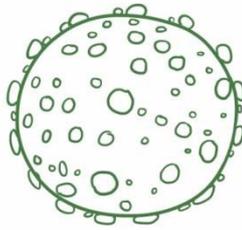
A contaminação da água pode ocorrer pela entrada de micro-organismos (através de esgoto doméstico não tratado), substâncias químicas e resíduos.

**Exemplo:**  
Produtos químicos tóxicos (efluentes industriais, agrotóxicos).

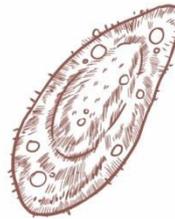
**Exemplo:**  
Barro, areia e detritos.



Bactéria

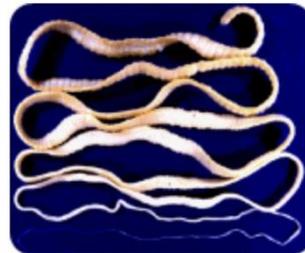


Vírus



Protozoário

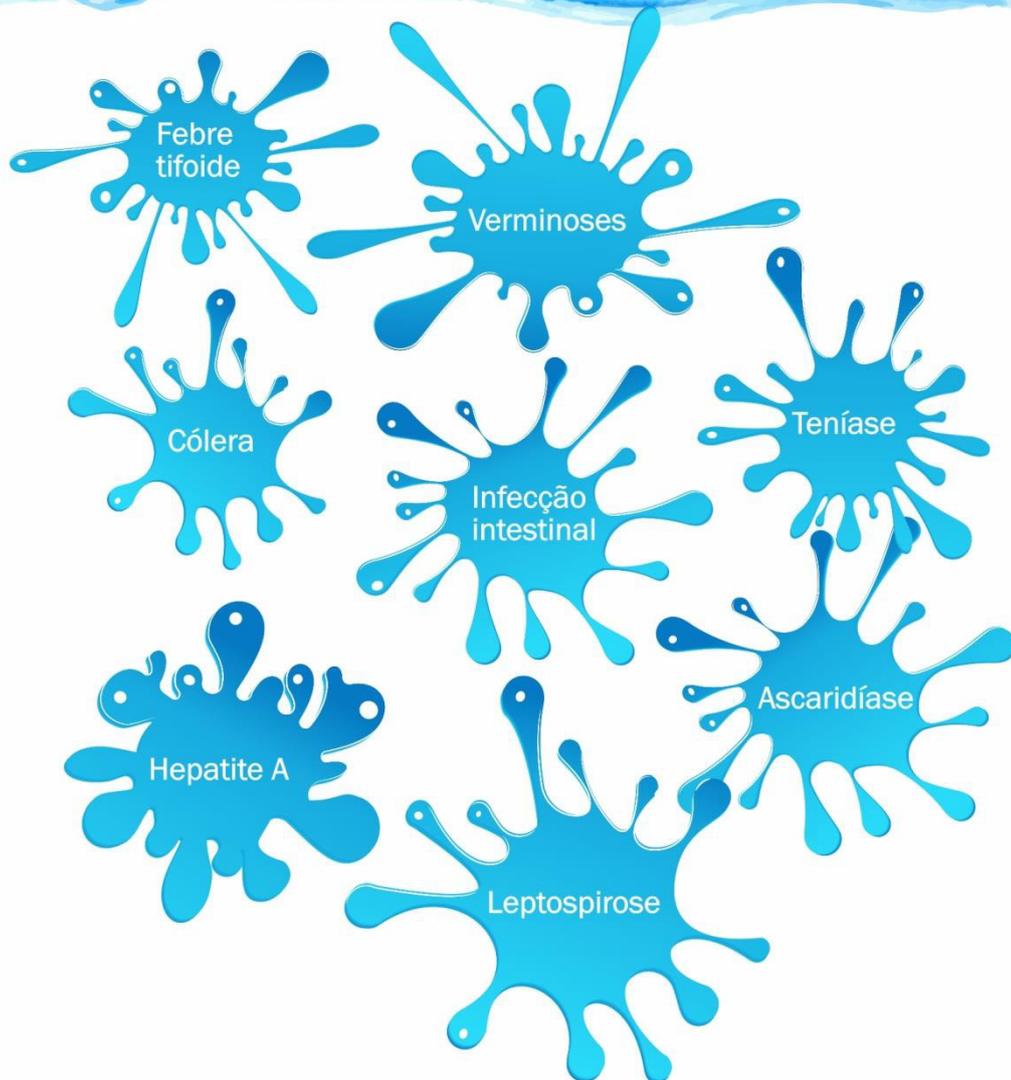
### Ovos de vermes intestinais

*Ascaris lumbricoides*

Tênia

Toxinas de  
cianobactériasFungos filamentosos  
e leveduras

**A água quando ingerida sem tratamento pode ser responsável pela transmissão de muitas doenças como por exemplo:**



Por isso são chamadas de doenças de veiculação hídrica.

**Essas doenças podem apresentar diferentes sintomas:**



Febre



Dor abdominal e dor de barriga



Dor de cabeça



Fraqueza e cansaço



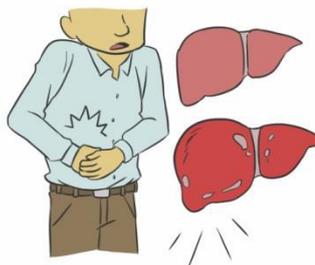
Falta de apetite



Diarreia



Vômito



Inflamação no fígado



Calafrio

**Exemplo de ações que podem:  
evitar a contaminação da água, manter  
a sua qualidade e prevenir doenças.**

**Mantenha a higiene adequada.**



A má higiene é a maior causa na transmissão de doenças provocadas por micro-organismos. Sempre lave bem as mãos com água e sabão após usar o banheiro ou trocar fraldas.

**Mantenha os sanitários longe de fontes de água de consumo.**



Os animais como (vaca, porco, cachorro, gato, dentro outros) podem defecar perto da água que será usada para o consumo humano, propiciando a sua contaminação. Então deve-se manter os animais longe dos reservatórios e recipientes com água.

**Fazer o controle de roedores.**



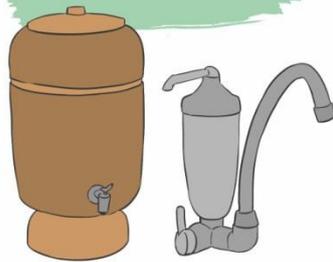
Consiste no processo de eliminação de ratos. A urina desses animais pode conter a bactéria *Leptospira* spp. e transmitir a leptospirose, que provoca hemorragias, insuficiência renal e se não tratada adequadamente pode levar à morte.

### Ferver a água.



A água deve ser fervida por, pelo menos, cinco minutos, tempo suficiente para matar a maioria dos micro-organismos que nela estejam presentes.

### Filtrar a água.



A filtração da água é utilizada para reter os micro-organismos e partículas de impurezas. Pode ser feita por meio de diversos tipos de filtro (de coar café ou filtro de barro e de pressão com elemento de carvão ativado).

### Desinfetar a água.

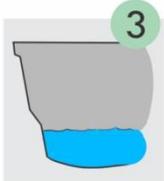


Desinfetar a água, significa eliminar os organismos nocivos à saúde. A desinfecção da água pode ser feita utilizando 2 gotas de hipoclorito de sódio ou água sanitária, para cada litro de água. Depois de 30 minutos sob efeito do produto, a água está pronta para o consumo humano.

## Realizar a limpeza da Caixa d'água.

- 

**1** Use botas de borracha e luvas.
- 

**2** Feche o registro e esvazie a caixa d'água abrindo as torneiras e dando descargas.
- 

**3** Quando a caixa estiver quase vazia, feche a saída e use a água restante para fazer a limpeza da caixa e para que a sujeira não desça pelo cano.
- 

**4** Esfregue as paredes e o fundo da caixa d'água, usando panos e uma escova macia ou esponja. Nunca use sabão, detergente ou outros produtos químicos
- 

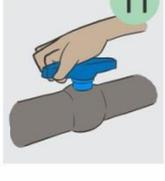
**5** Retire a água suja que restou da limpeza com um balde e panos, e deixe a caixa totalmente limpa.
- 

**6** Encha o reservatório com água e acrescente 1 litro de hipoclorito de sódio a 2,5% para cada 1.000 litros de água. Se não tiver hipoclorito use água sanitária que contenha apenas hipoclorito e água.
- 

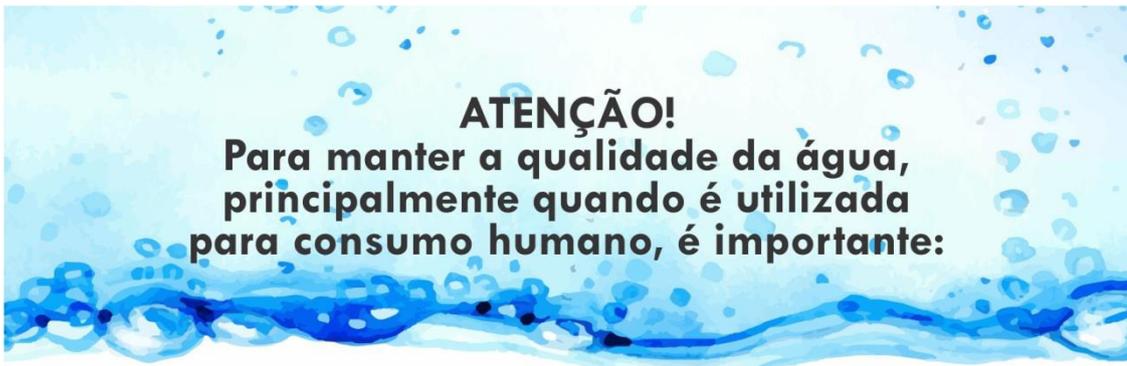
**7** Espere duas horas para concluir a desinfecção da caixa.
- 

**8** Esvazie novamente o reservatório. Essa água servirá para limpeza e desinfecção do encanamento.
- 

**9** Tampe a caixa d'água para que não entrem insetos como o mosquito da dengue e outros animais pequenos.
- 

**10** Anote a data de limpeza do lado de fora da caixa, para não se esquecer.
- 

**11** Finalmente, abra a entrada de água.



Manter bons métodos de coleta e armazenagem.

Existe um alto risco da água ser contaminada entre o trajeto da fonte ao local de consumo (torneiras, bicas, etc.).

Para garantir o armazenamento de maneira saudável, é fundamental que a caixa d'água ou outro reservatório esteja em boa qualidade de conservação e limpeza.

Além de mantê-lo devidamente coberto e fechado.

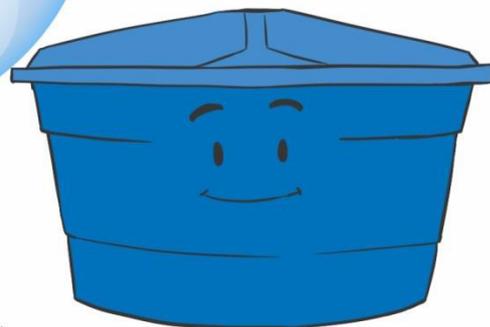
## O armazenamento correto da água



A validade da água de armazenamento caseiro depende da quantidade de matéria orgânica presente e do cuidado com o recipiente.

A água que vem da rede pública é tratada, filtrada e recebe substâncias para eliminar qualquer tipo de impureza, o que faz aumentar o tempo de consumo.

O correto, é que a água seja armazenada em um recipiente fechado, inerte (para não haver reação com a água), higienizado e à sombra, para não comprometer a sua vida útil.

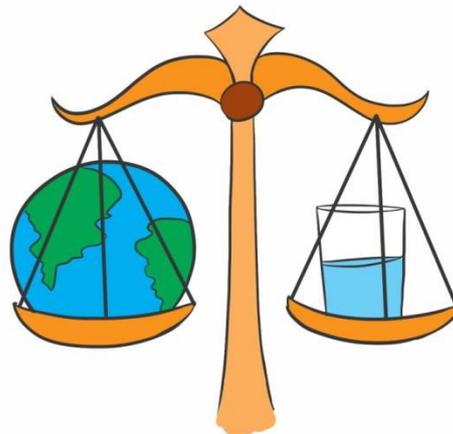


## Sobre a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/2011

Essa Portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de **vigilância da qualidade da água para o consumo humano** e seu **padrão de portabilidade**.

Estabelece que o responsável pelo abastecimento deverá, obrigatória e sistematicamente, exercer o controle da qualidade da água para o consumo humano.

Prevê as competências específicas para cada ente federativo (a União, os Estados e Municípios).



**Os municípios, por exemplo:** devem exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para o consumo humano.

**Devem também:** Inspeccionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas notificando seus respectivos responsáveis para sanar a(s) irregularidade(s) identificada(s).





O controle da qualidade da água se refere ao conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo abastecimento, para verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a garantir a manutenção desta condição.

A vigilância da qualidade da água se refere ao conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a esta Portaria, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana.

## Referência

ÁGUA potável. Disponível em:

<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/agua-potavel.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

ÁGUA potável. Disponível em:

<[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/agua\\_potavel.htm](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/agua_potavel.htm)>. Acesso em: 26 mar. 2016.

ÁGUA: principais contaminantes da água. Disponível em:

<[http://biologia-poluicaodaagua.blogspot.com.br/p/principais-contaminantes-da-agua\\_22.html](http://biologia-poluicaodaagua.blogspot.com.br/p/principais-contaminantes-da-agua_22.html)>. Acesso em: 26 mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em:

<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 23 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006. Disponível em:

<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2016.

CARTILHA de orientação p/ controle e prevenção de doenças de veiculação hídrica. Disponível em:

<<http://www.macaee.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1271214545.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

COMO prevenir doenças transmitidas pela água. Disponível em:

<[http://www.ehow.com.br/prevenir-doencas-transmitidas-pela-agua-como\\_23413/](http://www.ehow.com.br/prevenir-doencas-transmitidas-pela-agua-como_23413/)>. Acesso em: 30 mar. 2016.

FILTROS, purificadores e caixas d'água devem ser limpos com frequência. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2012/12/filtros-purificadores-e-caixas-dagua-devem-ser-limpos-com-frequencia.html>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

IMPORTÂNCIA do armazenamento de água. Disponível em:

<<http://sanagua.com.br/noticias/importancia-do-armazenamento-de-agua-141.html>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

SAIBA o que fazer para evitar doenças provocadas pelas enchentes. Disponível em:

<[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2012/01/vida\\_saude/noticias/1083912-saiba-o-que-fazer-para-evitar-doencas-provocadas-pelas-enchentes.html](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2012/01/vida_saude/noticias/1083912-saiba-o-que-fazer-para-evitar-doencas-provocadas-pelas-enchentes.html)>. Acesso em: 30 mar. 2016.

TRATAMENTO de água. Disponível em:

<<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/tratamento-agua.htm>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

VOCÊ sabia que água potável também apodrece?. Disponível em:

<<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/sp/2014-10-22/voce-sabia-que-agua-potavel-tambem-apodrece.html>>. Acesso em: 2 maio 2016.

## Apoio Técnico



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO

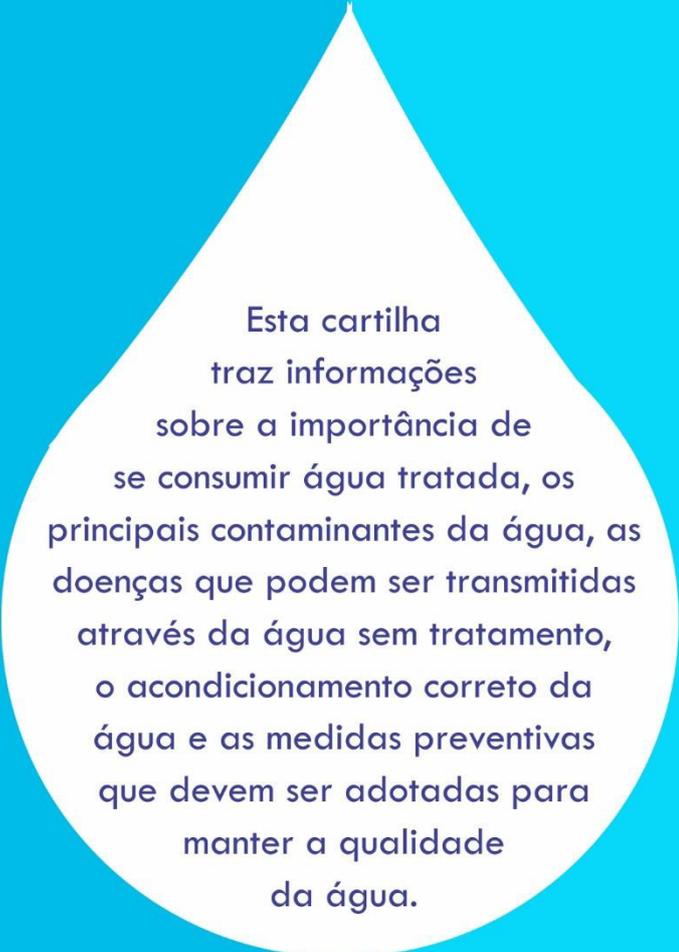
Laboratório de Microbiologia  
de Alimentos e Água/UEMA



## Apoio Financeiro



Edital UNIVERSAL nº 40/2014 e  
Edital REBAX nº 03635/13



Esta cartilha  
traz informações  
sobre a importância de  
se consumir água tratada, os  
principais contaminantes da água, as  
doenças que podem ser transmitidas  
através da água sem tratamento,  
o acondicionamento correto da  
água e as medidas preventivas  
que devem ser adotadas para  
manter a qualidade  
da água.

## **ANEXOS**

## NORMAS DE SUBMISSÃO

### REVISTA HYGEIA

#### CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Serão aceitos para publicação na Hygeia artigos inéditos de revisão crítica sobre tema pertinente à área ou resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual, em formato Word 97 - 2003, com no mínimo 10 e no máximo 20 páginas com espaçamento entrelinhas simples, fonte ARIAL 10, em tamanho A4 com margens de 3 cm de cada lado. As figuras e fotografias devem estar nítidas (extensão JPEG). Os gráficos e tabelas (estritamente indispensáveis à clareza do texto) devem já estar no corpo do texto, na posição exata em que devem ser publicados. Em casos excepcionais, poderão ser enviados à parte e assinalado no texto os locais onde devem ser intercalados. Se as ilustrações enviadas já tiverem sido publicadas, mencionar a fonte e a permissão para reprodução. As referências (NBR 6023/2002) devem ter exatidão e adequação aos trabalhos que tenham sido consultados e mencionados no texto.

1. **TÍTULO DO TRABALHO EM PORTUGUÊS:** O título deve ser breve e suficientemente específico e descritivo, caixa alta em negrito, fonte Arial 10, centralizado.
2. Logo abaixo do título deverá constar o nome, e-mail e titulação de mais alto nível e instituição do(s) autor (es), alinhado à direita, caixa baixa, fonte Arial 9.
3. A seguir deve ser apresentado um resumo informativo com cerca de 200 palavras, incluindo objetivo, método, resultado, conclusão, com pelo menos três palavras chaves.
4. **TÍTULO DO TRABALHO EM INGLÊS,** caixa alta em negrito, fonte Arial 10, centralizado.
5. Abstract (tradução do resumo para o inglês), com pelo menos três Keywords.
6. A seguir o texto do trabalho

## REVISTA - RA'E GA - O Espaço

### CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

#### I - ORIENTAÇÃO GERAL

1. A Revista RA'E GA publica trabalhos de pesquisa inéditos na forma de artigos científicos relacionados à análise do espaço geográfico, em todas as suas vertentes.
2. O artigo deve ser submetido por meio do sistema eletrônico SER.
3. O artigo deve ser inédito.
4. O artigo não pode ter sido submetido para publicação em outra revista.
5. Os artigos poderão ser apresentados nos idiomas: português, inglês e espanhol.
6. O trabalho deverá conter, no mínimo, 50% das suas referências bibliográficas advindas de artigos científicos publicados em periódicos. Casos excepcionais poderão ser justificados.
7. Não serão publicados dois ou mais artigos de um mesmo autor (es) em um mesmo número da revista, mesmo em co-autoria.
8. O artigo deve ter entre 15 e 30 páginas digitadas, incluindo figuras, tabelas e referências.
9. O arquivo do artigo submetido não pode ultrapassar 10mb (megabytes). Casos excepcionais poderão ser justificados.
10. Não serão aceitos documentos suplementares além do arquivo principal do artigo.
11. O conteúdo do artigo é de inteira responsabilidade dos autores.
12. Devem ser indicadas, se for o caso e na primeira página, as fontes de financiamento relacionadas ao trabalho.
13. O texto deve apresentar linguagem científica, impessoal, não podendo ser redigido em 1ª pessoa.
14. Recomenda-se que o (s) autor (es) busque(m) assessoria linguística profissional (revisores e/ou tradutores certificados em língua portuguesa e inglesa) antes de submeter (em) originais que possam conter incorreções e/ou inadequações morfológicas, sintáticas, idiomáticas ou de estilo. Originais identificados com incorreções e/ou inadequações morfológicas ou sintáticas serão devolvidos antes mesmo de serem submetidos à avaliação quanto ao mérito do trabalho e à conveniência de sua publicação.
15. O artigo será submetido à apreciação do Conselho Consultivo da Revista (revisão e aprovação por pares), que acatará ou não a publicação. Cada artigo será enviado para dois revisores de reconhecida competência na temática abordada. Em caso de desacordo, o original será enviado para uma terceira avaliação. O processo de avaliação por pares é um procedimento sigiloso quanto à identidade tanto dos autores quanto dos revisores, por isso os

autores deverão empregar todos os meios possíveis para evitar a identificação de autoria do artigo submetido. A decisão final sobre a publicação ou não do manuscrito é sempre dos editores, aos quais é reservado o direito de efetuar os ajustes que julgarem necessários. Na detecção de problemas de redação, o manuscrito será devolvido aos autores para as alterações devidas. O trabalho reformulado deve retornar no prazo máximo determinado na comunicação entre editor e autor.

16. Após a aprovação do trabalho, o Conselho Editorial da Revista entrará em contato com os autores, solicitando as informações completas sobre a formação, a instituição de origem, cidade, estado, país e e-mails de todos os autores.

## II - FORMATAÇÃO DO TEXTO

1. O texto deve ser digitado utilizando-se o programa MICROSOFT WORD FOR WINDOWS.
2. A configuração da página deve ser A4 com margens de 3 cm (superior, inferior, direita e esquerda).
3. Utilizar letra Arial, corpo 12, espaçamento entre linhas de 1,5. Indicação padrão para parágrafo (tabulação) ou recuo da primeira linha de 1,25cm.

## III - ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

1. O artigo deverá conter, na primeira página, apenas o título (português e inglês) e na segunda página deverá constar o resumo e o abstract, com 200 a 250 palavras, espaçamento simples em parágrafo único, ambos precedidos de 3 a 5 palavras-chave separadas por ponto e vírgula.

As palavras-chave não devem ser as mesmas presentes no título do artigo.

O Resumo deve sintetizar o trabalho e nele devem constar o objetivo e a conclusão.

Os nomes dos autores e qualquer outra possibilidade de identificação da autoria não devem fazer parte do arquivo submetido.

2. O artigo deve possuir a seguinte estrutura:

- Introdução
- Materiais e Métodos
- Resultados e Discussão
- Conclusão ou Considerações Finais
- Referências

Outras seções e subseções serão aceitas, no entanto, as seções acima possuem caráter obrigatório.

A Introdução deve apresentar: a contextualização, a justificativa, bem como os objetivos da pesquisa.

3. Citações devem estar de acordo com os seguintes exemplos:

a) referências chamadas no texto: (SANTOS, 1995, p.90)

b) referências inseridas na frase: segundo Santos (1995, p.08).

c) identificar por letras caso um mesmo autor citado tiver mais de uma publicação no mesmo ano: (SANTOS, 1995a, p.06).

d) citações textuais de menos de cinco linhas devem aparecer no decorrer do texto, na mesma letra e entre aspas, as de mais de cinco linhas devem ser digitadas com recuo na margem esquerda de 6cm, sem aspas nem itálicos e em letra Arial, tamanho 9.

3. Referências devem estar de acordo com os seguintes exemplos:

a) livro: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do (s) autor (es) do livro). Título do livro (em negrito). Cidade da edição: Editora, ano da edição.

b) capítulo de livro: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do (s) autor (es) do capítulo). Título do capítulo. In: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (Ed., Org., Comp.). Título do livro (em negrito). Cidade da edição: Editora, ano. Número do capítulo, p. página inicial - página final do capítulo.

c) artigos de periódicos/revistas: SOBRENOME, Iniciais do nome (de todos os autores). Título do artigo. Nome do periódico (em negrito), Cidade da publicação, número do volume, número do fascículo, p. página inicial - página final, ano.

d) trabalhos acadêmicos: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do autor). Título do trabalho acadêmico (em negrito). Data de publicação. Tese/Dissertação/Monografia (Doutorado/Mestrado/ em ...) - Departamento, Universidade, cidade da defesa.

e) trabalhos em eventos: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do (s) autor (es)). Título do trabalho. In: NOME DO EVENTO EM CAIXA ALTA, número do evento, ano de realização, cidade: Editora, data, página inicial-final.

f) artigos de periódicos online: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do (s) autor (es)). Título do trabalho. Local: Editora, data. Disponível em: (fonte). Acesso em: data (dia, mês, ano).