

DOI: 10.19177/978-85-8019-206-3.135-151

# Qualidade das águas superficiais do Rio Maruim avaliada pelo IQA – Índice de Qualidade das Águas

## *Quality of the surface waters of the Maruim River evaluated by the IQA – Water Quality Index*

*Leandro de Souza*<sup>1</sup>

*Elisa Helena Siegel Moecke, Dra.*<sup>2</sup>

**RESUMO:** O Rio Maruim tem sua nascente em São Pedro de Alcântara, divisa com Angelina, e sua bacia engloba os municípios de: Santo Amaro da Imperatriz, São Pedro de Alcântara, São José, Palhoça e Biguaçu, em Santa Catarina. O trabalho teve como objetivo a verificação da qualidade das águas do Maruim através do IQA, que engloba nove parâmetros (OD, pH, Coliformes Termotolerantes, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Turbidez, Sólidos Totais,  $\text{DBO}_{5,20}$  e Temperatura). Os resultados mostram que a degradação da qualidade das águas já acontece a partir do ponto 1, antes dos centros urbanos. O estudo da salinidade no ponto 4 e no ponto extra no Rio Forquilhas demonstra a possibilidade da interferência da maré e de atividades antrópicas. O mapa de uso e ocupação do solo revela que as áreas de APP nas margens do rio estão com forte interferência humana desde a sua nascente, com desmatamento, criações de animais e avanço urbano.

■ **Palavras-chave:** Rio Maruim. Qualidade da Água. IQA.

**ABSTRACT:** The Rio Maruim has its source in São Pedro de Alcântara, border with Angelina and its basin encompasses the municipalities of: Santo Amaro da Imperatriz, São Pedro de Alcântara, São José, Palhoça and Biguaçu, in Santa Catarina. The objective of the work was to verify the quality of the Maruim waters through the IQA, which includes nine parameters (OD, pH, Thermotolerant Coliforms, Total Phosphorus, Total Nitrogen, Turbidity, Total Solids,  $\text{BOD}_{5,20}$  and Temperature). The results show that the degradation of water quality already occurs after point 1, before the urban centers. The study of salinity in point 4 and the extra point in the Forquilhas River demonstrates the possibility of tide interference and anthropic activities. The land use and land use map reveals that the APP areas

1 Mestrando Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul. Av. Pedra Branca, 25. Palhoça, Santa Catarina/Brasil.

2 Doutora em Química, Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul. Av. Pedra Branca, 25. Palhoça, Santa Catarina/Brasil. smoecke@gmail.com - <https://orcid.org/0000-0002-2663-6010>

along the river banks have been heavily influenced by humans from their source, with deforestation, animal husbandry and urban development.

■ **Keywords:** River Maruim. Water quality. WQI.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é a substância mais essencial à sobrevivência dos organismos vivos e funcionamento dos ecossistemas, permitindo a vida de todos os seres, desde a unidade estrutural, a célula, até as funções exercidas pelos seres vivos mais complexos. Proporciona o desempenho de inúmeras atividades que nos possibilitam conforto e qualidade de vida. A preocupação com a qualidade da água gira em torno de quantidade e qualidade, e estas podem ser prejudicadas por causas naturais e antrópicas, com destaque para as atividades humanas<sup>3</sup>.

A preocupação sobre o tema nos dias atuais deixou de ser um assunto para ambientalistas, passando a ser discutida pelos organismos da cúpula da economia mundial, como vemos no Fórum Econômico Mundial, que em seu relatório anual, vem trazendo a preocupação com a água em sua lista de riscos de maiores impactos<sup>4</sup>. Essas preocupações refletem a importância da água para as atividades humanas, como economias e agricultura, trazendo a relevância dos cuidados com a água mais uma vez à tona e servindo de alerta para o que estamos fazendo com nossas reservas de águas.

Todos sabem que, em nosso país, existem grandes reservatórios de água doce, ao mesmo tempo é do conhecimento de todos que os cuidados que temos tido com a água não são dos melhores. Para ter o cuidado necessário e adequado à segurança de nossas atividades e de todos os seres vivos, é necessário conhecimento sobre em que circunstâncias está a qualidade de nossas águas. O estudo, diagnóstico e monitoramento da qualidade das águas superficiais manifestam-se como respostas para nortear medidas de controle e planejamento das bacias hidrográficas, a fim de se ter um bom aproveitamento da água sem causar prejuízos nas reservas de água com qualidade para o futuro.

3 BRAGA, B. et al. **Água doce no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2015. p 127-142.

4 WORLD Economic Forum. **Global Risk Report**. Relatórios anuais. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2016>>. Acesso em: 30 out. 2016.

Vários pesquisadores utilizam o índice de qualidade da água (IQA) na avaliação da qualidade das águas dos rios. O *status* da qualidade da água pode ser considerado para o gerenciamento dos recursos hídricos<sup>5</sup>. A falta de saneamento básico na bacia do Rio Maruim/SC, juntamente com o desrespeito a legislação no que se refere às áreas de preservação Permanente (APP), juntamente com a falta de planejamento ambiental regional, envolvendo todos os municípios da bacia do rio Maruim/SC, e outras questões como zoneamento e plano diretor, caracteriza-se como uma concepção tradicional baseada exclusivamente no manejo de variáveis econômicas, excluindo as preocupações atuais e futuras com o desenvolvimento sustentável<sup>6</sup>.

O diagnóstico das águas do Rio Maruim envolve várias etapas que vão desde a escolha dos pontos de coleta, a realização dos ensaios laboratoriais de acordo com os parâmetros estabelecidos no Programa Nacional da Qualidade da Água (PNQA) e que compõe o IQA, até os cálculos que permitem a geração das notas de 0 a 100 para cada ponto de amostragem<sup>7</sup>. Tais resultados podem ser usados como ferramenta de participação das comunidades nas tomadas de decisões que geram a melhoria da qualidade das águas do rio, uma vez que o índice permite uma avaliação de fácil entendimento por todos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Com o intenso uso da água causado pelo aumento desenfreado das atividades humanas gera-se a degradação da sua qualidade e escassez, tornando necessário o acompanhamento das alterações ocorridas na água. Tais situações se fazem cada vez mais presentes devido ao crescimento exponencial de poluentes presentes na água<sup>8</sup>.

5 HEFNI, E. et al. Water Quality Status of Ciambulung River, Banten Province, Based on Pollution Index and NSF-WQI. **Procedia Environmental Sciences**, v. 24, p. 228-237, 2015.

6 CARVALHO, R. G. **Bacias Hidrográficas enquanto Unidades de Planejamento e Zoneamento Ambiental**. 2014. Dissertação de Mestrado – Campus Universitário Central, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. Mossoró, RN, 2014.

7 ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2016.

8 BRAGA, B. et al. **Água doce no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2015. cap. 5, p 227-242.

A perda da qualidade da água está relacionada a atividades antrópicas, em maior escala, como a naturais, em menor escala. A este respeito relaciona-se respectivamente de modo mais simplificado com o uso que damos para terra dentro da bacia hidrográfica; e em ambientes naturais, podemos ter a interferência na qualidade da água pelo escoamento superficial<sup>9</sup>.

## 2.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A área de estudo da qualidade da água encontra-se em grande atraso no Brasil, com histórico de informações deficiente ou até mesmo inexistente na maior parte das bacias hidrográficas, com poucas estações de monitoramento em operação e poucas variáveis analisadas, e uma periodicidade deficitária. Entre os estados brasileiros, Santa Catarina encontra-se entre os mais atrasados na classificação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), tornando difícil a avaliação da situação das bacias hidrográficas. Essas informações fazem parte de um conjunto de medidas para o melhor planejamento da bacia hidrográfica<sup>10</sup>.

A divulgação das informações para a população em geral com a geração de um histórico utilizando meios de fácil acesso como internet é uma parte crucial do processo de monitoramento. Uma ferramenta de grande ajuda é a utilização de índices de qualidade da água. Os índices permitem uma padronização dos parâmetros analisados levando em consideração a necessidade e o uso dado à bacia hidrográfica, exposto de forma mais acessível à compreensão de todos<sup>11</sup>.

O monitoramento da qualidade da água depende de recursos para sua implantação e manutenção, desta forma a implementação de um banco de dados único acessível a todos evitando despesas e esforços repetitivos e desnecessários e agindo de forma centralizada e confiável garante a sustentabilidade do sistema. O acompanhamento permite ainda saber quais constituintes na água são encontrados, evitando e priorizando aplicação de análises mais focadas na situação da bacia hidrográfica<sup>12</sup>.

9 SPERLING, Marcos Von. **Estudo e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2014. v. 7.

10 BRAGA et al., op. cit.

11 MEDEIROS et al. Quality index of the surface water of amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 123, p. 156-164, 2017.

12 SPERLING, op. cit.

## 2.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

A CETESB adaptou e desenvolveu o IQA, utilizado desde a década de 70, que incorpora nove variáveis (coliformes termotolerantes, pH, DBO<sub>5,20'</sub>, nitrogênio total, fósforo total, diferença de temperatura, turbidez sólidos totais e oxigênio dissolvido) consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das delas para o abastecimento público. As variáveis utilizadas no cálculo do índice refletem principalmente a contaminação dos corpos hídricos pelo lançamento de esgotos<sup>13</sup>.

## 2.4 SALINIDADE

A salinidade das águas de um rio está relacionada a fatores naturais e antrópicos gerados dentro de sua bacia hidrográfica, e tais origens podem ocorrer de forma isolada ou interagida. Em adição, seu estudo é relevante para a qualidade das águas para os mais pretendidos usos. A salinidade sofre interferência na presença de seres vivos, poluentes, nutrientes, atividade fotossintética, pH, teor de OD, entre outros<sup>14</sup>.

A salinidade pode ser entendida como a quantidade total de sais minerais dissolvidos na água, "(podendo) ser calculada com maior exatidão relacionada aos sólidos totais dissolvidos (STD) na água"<sup>15</sup>. É possível determinar a salinidade como STD ou como sais totais dissolvidos, que representa a quantia de matéria inorgânica dissolvida em uma amostra de água<sup>12</sup>. Essa estimativa de SDT das águas permite a classificação entre doces, salobras e salinas, conforme resolução CONAMA Nº 357/2005. Esta resolução dividiu as águas do território brasileiro em águas doces (salinidade < 0,5‰), salobras (salinidade entre 0,5‰ e 30‰) e salinas (salinidade > 30‰). Em função dos usos previstos, foram criadas 13 classes de qualidade<sup>16</sup>.

13 ALVES, I. C. C. et al. **Qualidade das Águas Superficiais e Avaliação do Estado Trófico do Rio Arari**. Artigo científico. UFP 2012.

14 NETO, S.B.N.; ARAÚJO, I.I.M.; TÁVORA, M.A. **Qualidade de Água de Bovinos da Fazenda-Escola do IFRN-Ipanguaçú**. Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

15 MARTINS, Ana Carolina Oliveira. **Índice de Qualidade de Água**. Incerteza nos métodos e Variações Espaciais em Ambientes Aquáticos da Região Central do Cerrado. Universidade Estadual de Goiás, 2013. Disponível em: <<http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos>>. Acesso em: 30 out. 2016.

16 BRASIL. **Resolução Conama 357 de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 28 out. 2016.

Os valores SDT correspondem à quantidade da matéria dissolvida na água. Silva<sup>17</sup> ressalta que a alta concentração de SDT (em torno de 500mg/L) limita o consumo da água tanto para uso doméstico quanto para irrigação. A origem do SDT, segundo Silva<sup>18</sup>, está relacionada com as atividades de agricultura, as estações de tratamento de esgotos, os esgotos não tratados, os efluentes industriais tratados ou não e a mineração. A portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, em seu anexo X, estabelece um limite máximo de SDT para consumo humano de 1000mg/L<sup>19</sup>.

## 2.5 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARUIM

O rio Maruim possui suas águas correntes entre três municípios da grande Florianópolis, e aproximadamente a 550m de altitude no município de São Pedro de Alcântara (SPA) está sua nascente próxima à divisa com o município de Angelina, em uma das vertentes cristalinas da Unidade Geomorfológica das “Serras do Leste Catarinense”, mais conhecida por Serra do Pai-João<sup>20</sup>. Descendo, cortando todo o município de São Pedro de Alcântara, o rio chega a São José pelo bairro Colônia Santana, mais abaixo faz divisa com São José e Palhoça recebendo seu maior tributário, Rio Forquilhas, e em seguida, um córrego de pequenas dimensões, o Rio dos Peixes, seguindo sobre a divisa dos dois municípios até sua foz no bairro Ponte de Maruim em Palhoça, conforme localização na Figura 1.

Seu sistema de drenagem faz parte da vertente atlântica, sua região hidrográfica dentro do Estado de Santa Catarina é RH8 litoral centro e sua bacia hidrográfica não possui comitê de gestão de suas águas, sendo parte integrante da Bacia do Cubatão Sul.

17 SILVA, Valdemir F. **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea no Semiárido**. Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. 2013.

18 Ibidem.

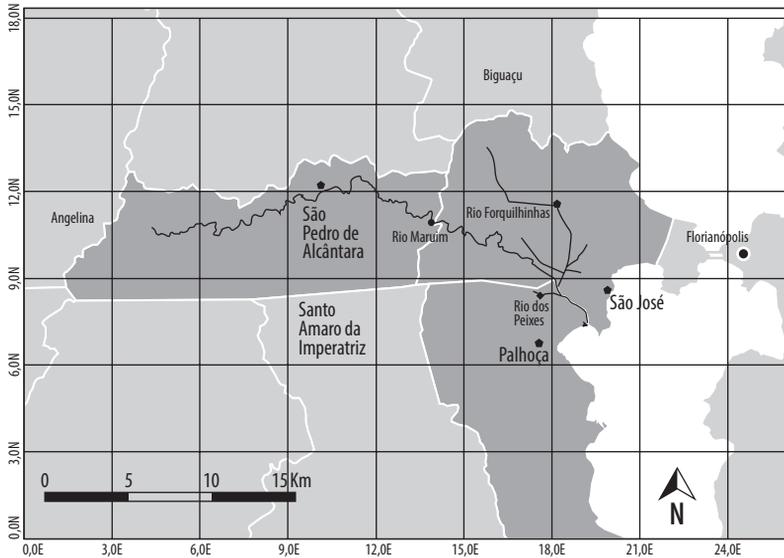
19 BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 2914 define padrões de potabilidade da água**. 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.

20 VIRTUOSO, Marco Aurélio. **Qualidade ambiental das Águas do Abastecimento Público no Município de São Pedro de Alcântara – SC**. 2014. 132f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

**Figura 1** – Localização da área de estudo



**Mapa de localização do Rio Maruim**



**Fonte:** Elaboração do autor, 2016.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

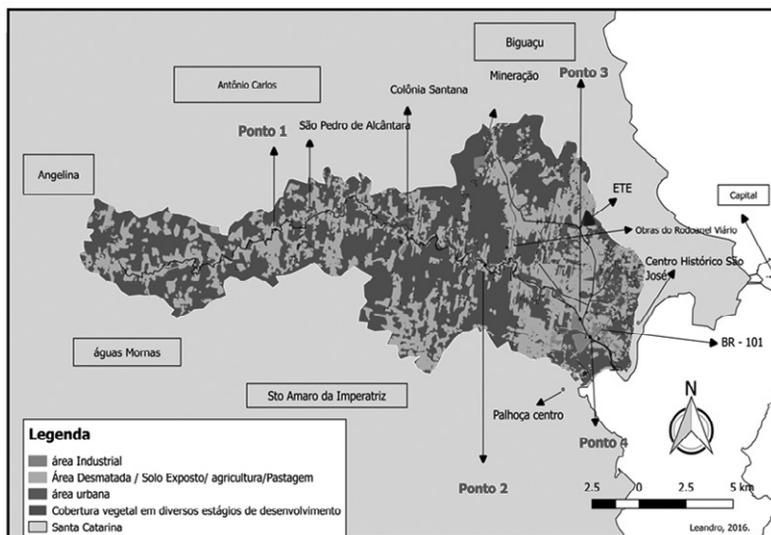
#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local do desenvolvimento do estudo é o Rio Maruim, que nasce aproximadamente a 550m de altitude no município de São Pedro de Alcântara, divisa com o município de Angelina, e deságua no município de Palhoça, no bairro Ponte de Maruim, na baía sul que separa a Ilha de Santa Catarina do continente.

## 3.2 PONTOS DE COLETA

O estudo selecionou quatro pontos (Figura 2) de coletas ao longo do Rio Maruim durante três campanhas. Foram definidos pelo estudo do uso da terra ao longo do rio e da presença de seus tributários, observando-se dados qualitativos e quantitativos para a tomada de decisão na escolha dos pontos de amostragem.

**Figura 2** – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Maruim e indicação dos pontos de coleta de água



Fonte: Elaboração do autor, 2016.

## 2.3 DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE

A determinação da salinidade se deu com base na medida de condutividade elétrica (CE) com equipamento *Phmetro Conductivity Meter*. Com a condutividade das amostras de água do rio medida em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e  $\text{mS}/\text{cm}$ , foi possível determinar a salinidade da água em permilagem (‰). Em face dos valores de CE foi realizada a conversão em SDT (Sólidos Dissolvidos Totais). Essa conversão se dá por um fator de correção no valor 0,65 para se chegar aos valores de SDT<sup>21</sup>.

21 FONDRIST. **Fundamentos de medição Ambiental**. Disponível em: <<http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#cond1>>. Data de acesso: 30 out. 2016.

## 2.4 CÁLCULOS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para a realização deste trabalho, utilizou-se o IQA adaptado pela CETESB da NSF, como se verifica na Tabela 1. Os cálculos foram obtidos do produto ponderado dos nove parâmetros que envolvem o índice, ou seja, a qualidade da água que corresponde as variáveis, expresso pelas notas individuais de cada parâmetro elevada aos respectivos pesos<sup>22</sup>.

**Tabela 1** – Pesos dos parâmetros envolvidos no cálculo do IQA

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>q<sub>i</sub></b>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0,15
pH	-	0,12
DBO <sub>5</sub>	mgO/L	0,10
Nitrogênio Total	mgN/L	0,10
Fósforo Total	mgPO <sub>4</sub> /L	0,10
Diferença de Temperatura	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos Totais	mg/L	0,08
OD	% de saturação	0,17

**Fonte:** Adaptado CETESB<sup>23</sup>.

Com o cálculo do IQA, pode-se classificar a qualidade das águas brutas de uma amostra de água de um corpo hídrico, variando uma nota de 0-100 apresentado na Figura 3.

**Figura 3** – Tabela de classificação da qualidade da água pelo IQA

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

**Fonte:** CETESB<sup>24</sup>.

22 CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Águas Interiores No Estado de São Paulo**. Apêndice A. 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores>>.

23 Ibidem.

24 CETESB, op. cit.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADOS DOS PARÂMETROS QUE COMPÕEM O IQA

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos nove parâmetros que compõem o IQA referente à 1ª campanha de coleta de amostras de água do rio Maruim.

**Tabela 2** – Resultados dos parâmetros da análise de água para a 1ª campanha

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	2800	28000	35000	35000
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	10	170	600	1400
Turbidez (NTU)	5,18* (±0,21)	7,25* (±0,62)	9,99* (±0,09)	12,87* (±0,20)
Sólidos Totais (mg/L)	*118,5 (±23)	*266,1 (±12,5)	*153 (±7,07)	*1483 (±52,3)
Fósforo Total (mg/L)	0,35	0,44	0,67	1,64
Nitrogênio Total (mg/L)	0,1	0,1	0,1	3,39
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,7	7,6	5,8	5,8
pH	*8,07 (±0,22)	*7,93 (±0,04)	*7,45 (±0,14)	*7,25 (±0,07)
Temperatura da amostra (°C)	22	22	22	22
Temperatura do Ar (°C)	23	23	23	23

\*Valor médio (duplicata) e desvio padrão;

**Fonte:** Elaboração do autor, 2016.

A primeira campanha de amostragem foi realizada em um período seco. Essa primeira campanha nos revela que desde o ponto 1 as águas do rio Maruim já apresentam degradação da qualidade das suas águas, com destaque para coliformes, DBO<sub>5,20</sub>, Fósforo Total; o ponto 4, nitrogênio total; e veem-se os valores de 35000 NMP/100mL de Coliformes Termotolerantes para o ponto 3. A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios referentes à 2ª campanha de coletas de amostras.

**Tabela 3** – Resultados dos parâmetros da análise de água para a 2ª campanha

Parâmetros	Ponto1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	790	13000	170000	170000
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	70	100	450	700
Turbidez (NTU)	*5,33 (±0,20)	*6,48 (±0,12)	*7,70 (±0,43)	*11,23 (±1,01)
Sólidos Totais (mg/L)	*61 (±4,24)	*33,5 (±4,95)	*285 (±15,50)	*2727 (±74,95)
Fósforo Total (mg/L)	*0,39 (±0,02)	*0,51 (±0,01)	*0,88 (±0,05)	*1,57 (±0,17)
Nitrogênio Total (mg/L)	*0,1 (±0,00)	*5,89 (±0,49)	*5,20 (±0,09)	*8,66 (±0,29)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	*7,9 (±0,24)	*7,6 (±0,34)	*5,2 (±0,13)	*5,4 (±0,07)
pH	*7,86 (±0,04)	*7,79 (±0,0)	*7,36 (±0,02)	*7,15 (±0,07)
Temperatura da amostra (°C)	*23,6 (±0,37)	*23,0 (±0,35)	*22,7 (±0,34)	*22,5 (±0,29)
Temperatura do Ar (°C)	25,5	22,0	20,5	20,5

\*Valor médio (duplicata) e desvio padrão.

**Fonte:** Elaboração dos autores, 2016.

A 2ª campanha de amostragem também foi realizada em um período de seca. Essa campanha de coletas de água fortalece o aspecto da degradação da qualidade das águas do Rio Maruim desde o ponto 1, mostrando valores elevados para DBO<sub>5,20</sub>; e Fósforo Total. Para Coliformes Termotolerantes os valores quase quintuplicaram para os pontos 3 e 4. Foram verificados também elevados valores de Nitrogênio Total nos pontos 2, 3 e 4.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos ensaios referentes à 3ª campanha de coletas de amostras.

**Tabela 4** – Resultados dos parâmetros da análise de água para a 3ª campanha

Parâmetros	Ponto1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100/mL)	1600	9200	16000	16000
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	20	30	300	500
Turbidez (NTU)	*6,88 (±0,10)	*8,14 (±0,21)	*10,73 (±0,52)	*15,31 (±1,15)
Sólidos Totais (mg/L)	*33,5 (±4,95)	*30,5 (±2,12)	*194 (±7,07)	*1351 (±36,77)
Fósforo Total (mg/L)	*0,21 (±0,007)	*0,38 (±0,16)	*0,60 (±0,13)	*1,27 (±0,01)
Nitrogênio Total (mg/L)	*1,18 (±0,09)	*2,43 (±0,09)	*1,66 (±0,00)	*4,37 (±0,29)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	*7,9 (±0,07)	*7,7 (±0,14)	*6,2 (±0,23)	*5,9 (±0,25)
pH	*7,86 (±0,04)	*7,79 (±0,07)	*7,35 (±0,02)	*7,17 (±0,07)
Temperatura da amostra (°C)	*21 (±0,33)	*23 (±0,44)	*23 (±0,35)	*23 (±0,35)
Temperatura do Ar (°C)	22	25	21	21,5

\*Valor médio (duplicata) e desvio padrão.

**Fonte:** Elaboração dos autores, 2016.

Para a campanha de amostragem 3, tivemos um período com uma precipitação de chuvas superior ao que foi registrado nas campanhas 1 e 2. Tal situação pode ter levado a uma melhora nos resultados dos Coliformes Termotolerantes no ponto 3 e 4. Com destaque, assim como nas outras campanhas, para Coliformes Termotolerantes,  $DBO_{5,20}$  e Fósforo Total. A presença de Nitrogênio Total se destaca em comparação as outras campanhas para o ponto 1.

## 4.2 VALORES O IQA

A Tabela 5 apresenta o cálculo do valor  $qi^w$  e do IQA para a primeira campanha de coleta de água.

**Tabela 5** – Resultado do cálculo  $qi^w$  e do IQA para a 1ª campanha de coleta de água.

Parâmetro	Unidade	$qi^w$ máx possível			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Coliformes	NMP/100mL	75,0%	65,4%	64,6%	64,6%
pH		98,0%	98,6%	99,0%	99,1%
DBO	mg/L	96,9%	67,6%	67,6%	67,6%
NT	mgN/L	99,9%	99,9%	99,9%	97,3%
PT	mgP/L	90,9%	89,8%	87,1%	79,4%
T(dif)	°C	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Turb	NTU	98,9%	98,4%	98,0%	97,4%
ST	mg/L	98,7%	98,3%	96,7%	91,3%
OD	% satur	98,9%	98,4%	94,0%	94,0%
<b>IQA</b>		<b>62 - Boa</b>	<b>37 - Ruim</b>	<b>33 - Ruim</b>	<b>28 - Ruim</b>

$qi^w$  = Nota verificada nas curvas de qualidade elevado a seu respectivo peso.

Fonte: Elaboração dos autores, 2016.

Diante dos resultados da Tabela 5, podemos verificar que os valores elevados de coliformes foram os que mais contribuíram na redução da qualidade da água em todos os pontos. Nos pontos 2, 3 e 4, a DBO tem forte participação na redução da qualidade da água, e no ponto 4 a presença de fósforo também influenciou na redução do IQA. Os valores de  $qi^w$  e do IQA para a segunda campanha de coleta de amostra de água estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Resultado do cálculo do  $q_{iw}$  e do IQA para a 2ª campanha de coleta de água.

Parâmetro	Unidade	$q_{iw}$ máx possível				
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	
<b>Coliformes</b>	NMP/100mL	80,0%	68,5%	59,1%	59,1%	
<b>pH</b>		98,8%	98,8%	99,1%	99,1%	
<b>DBO</b>	mg/L	67,6%	67,6%	67,6%	67,6%	
<b>NT</b>	mgN/L	99,9%	95,7%	95,8%	93,6%	
<b>PT</b>	mgP/L	90,5%	89,1%	85,0%	79,5%	
<b>T(dif)</b>	°C	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	
<b>Turb</b>	NTU	98,9%	98,7%	98,5%	97,9%	
<b>ST</b>	mg/L	98,8%	98,6%	96,4%	91,3%	
<b>OD</b>	% satur	99,5%	98,6%	91,5%	92,5%	
		<b>IQA</b>	<b>51 - Reg</b>	<b>47 - Reg</b>	<b>26 - Ruim</b>	<b>24 - Ruim</b>

$q_{iw}$  = Nota verificada nas curvas de qualidade elevado a seu respectivo peso.

**Fonte:** Elaboração dos autores, 2016.

Para a segunda campanha de amostragem, os Coliformes Termotolerantes e a DBO se destacam como os parâmetros de pior desempenho na qualidade das águas do Rio Maruim no cálculo do IQA, recebendo a nota mais baixa, nos valores de Coliformes Termotolerantes, nos pontos 3 e 4; e para DBO, nos pontos 1 e 2. A Tabela 7 apresenta os valores do cálculo do  $q_{iw}$  e do IQA para a terceira campanha de coleta de amostra de água.

**Tabela 7** – Resultado do cálculo  $q_{iw}$  e do IQA para a terceira campanha de coleta de água

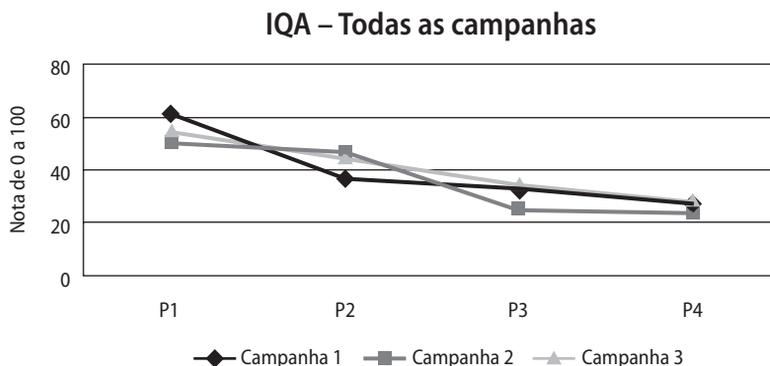
Parâmetro	Unidade	$q_{iw}$ máx possível				
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	
<b>Coliformes</b>	NMP/100mL	77,2%	69,9%	67,6%	67,6%	
<b>pH</b>		98,8%	99,0%	99,1%	98,7%	
<b>DBO</b>	mg/L	80,2%	74,0%	67,6%	67,6%	
<b>NT</b>	mgN/L	99,0%	98,0%	98,6%	96,5%	
<b>PT</b>	mgP/L	93,9%	93,9%	86,7%	80,5%	
<b>T(dif)</b>	°C	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	
<b>Turb</b>	NTU	98,6%	98,3%	97,7%	96,8%	
<b>ST</b>	mg/L	98,6%	98,6%	97,8%	91,3%	
<b>OD</b>	% satur	99,2%	98,8%	95,8%	94,8%	
		<b>IQA</b>	<b>55 - Boa</b>	<b>45 - Reg</b>	<b>35 - Ruim</b>	<b>29 - Ruim</b>

$q_{iw}$  = Nota verificada nas curvas de qualidade elevado a seu respectivo peso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2016.

Os desempenhos mais baixos na nota  $q_i^w$  nesta última campanha ficou por conta, nos pontos 1 e 2, dos coliformes, e no ponto 3 e 4, do BDO e Coliformes Termotolerantes. O período chuvoso ocorrido antes do dia da realização da coleta de água pode ter ajudado nas melhores notas do IQA para os pontos 3 e 4, com notas de 35 e 29 respectivamente. O Gráfico 1 apresenta os valores do IQA para as três campanhas nos quatro pontos de coletas.

**Gráfico 1** – Variação dos valores do IQA nas três campanhas



**Fonte:** Elaboração dos autores, 2016.

A Tabela 8 apresenta o resumo dos resultados do IQA obtidos nas campanhas de coleta de água.

**Tabela 8** – Resumo dos resultados do cálculo do IQA nas três campanhas

Ponto	Resultados					
	C1		C2		C3	
	Nota	Categoria	Nota	Categoria	Nota	Categoria
1	62	BOA	51	REGULAR	55	BOA
2	37	RUIM	47	REGULAR	45	REGULAR
3	33	RUIM	26	RUIM	35	RUIM
4	28	RUIM	24	RUIM	29	RUIM

**Fonte:** Elaboração dos autores, 2016.

Na 1ª campanha, os valores obtidos do IQA para o ponto 1 indicam que o melhor desempenho é uma nota 62, o que torna o ponto 1 nesta campanha o primeiro lugar em melhor qualidade. Na campanha 1 encontra-se também a menor nota para o ponto 2 nas três campanhas. Nesta campanha também podemos encontrar a maior diferença entre dois pontos de coleta de todas as campanhas, diferença ocorrida entre os pontos 1 e 2.

Na campanha 2 podemos observar uma maior diferença entre os pontos 2 e 3 (21). Os valores encontrados nos pontos 3 e 4 marcam a menor diferença entre os 2 pontos, de todas as campanhas. Também na campanha 3 podemos ver o menor desempenho do ponto 1. Na campanha 3 ocorreu com uma precipitação de chuva bem superior ao observado nas campanhas anteriores. As águas da chuva podem diluir alguns poluentes presentes nas águas do rio, mascarando a situação real da qualidade da água. Nessa campanha é possível observar o maior valor do IQA para os pontos 3 e 4 (com relação às campanhas anteriores).

Pizella e Souza<sup>25</sup> e Wang et al.<sup>26</sup> destacam em seus artigos que as águas superficiais de áreas urbanas são muito afetadas pelo escoamento superficial e este impacto tem sua origem difusa, isso porque a chuva lava as ruas, avenidas, telhados, calçadas e estacionamentos, conduzindo os poluentes depositados nestas superfícies nos períodos secos às águas superficiais receptoras. A chuva pode carrear por escoamento poluentes oriundo da criação extensiva de animais dentro das áreas de APP dos rios, e tal situação poderia explicar os maiores valores de nitrogênio total na terceira campanha para o ponto 1.

### 4.3 VALORES DE SALINIDADE

A Tabela 9 apresenta os resultados da condutividade elétrica (CE), cloretos, sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade nas amostras de água nos quatro pontos de amostragem e no ponto extra no Rio Forquilhas. De acordo com a salinidade, a água foi classificada em doce e salobra, segundo a resolução do Conama 357/2005.

25 PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P. **Impactos Ambientais do Escoamento Superficial urbano Sobre as Águas Doces Superficiais**. São Carlos, SP: CRHEA/USP, 2005.

26 WANG, Qian; ZHANG, Qionghua; WU, Yaketon; WANG, Xiaochang C. Physicochemical conditions and properties of particles in urban runoff and rivers: Implications for runoff pollution. **Chemosphere**, v. 173, p. 318-325, 2017.

**Tabela 9** – Classificação das Águas de acordo com a Salinidade

Pontos	Data da Coleta	Resolução Conama 357/05	CE <sup>1</sup> (µS/cm)	Cloretos (mg/L)	SDT <sup>2</sup> (mg/L)	Salinidade <sup>3</sup> -
1	29/09/2016	Água Doce	56,3	-	36	0,035
1	31/10/2016	Água Doce	37,85	0,0033	24	0,026
2	29/09/2016	Água Doce	46,5	-	30	0,030
2	31/10/2016	Água Doce	46,5	0,003	30	0,0032
3	29/09/2016	Água Doce	598	-	389	0,363
3	31/10/2016	Água Doce	71,75	0,011	46	0,047
4	29/09/2016	Água Salobra	4530	-	2945	3,470
4	11/10/2016	Água Salobra	1035	-	673	0,732
4	31/10/2016	Água Doce	327	0,088	213	0,221
<b>Rio Forquilhas</b>	13/10/2016	Água Salobra	1060	-	689	0,750
<b>Rio Forquilhas</b>	31/10/2016	Água doce	600	0,119	390	0,414

<sup>1</sup>CE – Condutividade Elétrica; <sup>2</sup>SDT – Sólidos Totais Dissolvidos; <sup>3</sup>Salinidade = CE x 0,65.

Fonte: Elaboração dos autores, 2016.

A salinidade também é um parâmetro de qualidade da água e, dependendo o uso pretendido, pode limitar ou impedir a captação de água. Sua origem pode estar relacionada com a maré cheia com sais provenientes do oceano, e com atividades antrópicas, como lançamentos de efluentes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Rio Maruim sofre com a perda da qualidade das águas à medida que se direciona à foz, e o desrespeito às áreas de APP nas margens do rio contribui para a perda da qualidade das águas. A falta de saneamento básico dentro da bacia hidrográfica prejudica a qualidade das águas do Maruim.

A salinidade das águas do rio no ponto 4 e no Rio Forquilhas está relacionada com atividades antrópicas e com o nível da maré. As águas do Rio Forquilhas (principal afluente) prejudicam ainda mais as águas do Rio Maruim.

## REFERÊNCIAS

ALVES, I. C. C. et al. **Qualidade das Águas Superficiais e Avaliação do estado Trófico do Rio Arari**. Artigo Científico. UFP, 2012.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2016.

- BRAGA, B. et al. **Água doce no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2015. p. 127-142.
- BRAGA, B. et al. **Água doce no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2015. cap. 5, p. 227-242.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 2914 define padrões de potabilidade da água**. 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.
- BRASIL. **Resolução Conama 357 de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- CARVALHO, R. G. **Bacias Hidrográficas enquanto Unidades de Planejamento e Zoneamento Ambiental**. 2014. Dissertação de Mestrado. – Campus Universitário Central, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. Mossoró, RN, 2014.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Apêndice A. 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- FONDRIEST. **Fundamentals of Environmental Measurements**. Disponível em: <<http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#-cond1>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- HEFNI, E. et al. Water Quality Status of Ciambulawung River, Banten Province, Based on Pollution Index and NSF-WQI. **Procedia Environmental Sciences**, v. 24, p. 228-237, 2015.
- MARTINS, Ana Carolina Oliveira. **Índice de Qualidade de Água: Incerteza nos métodos e Variações Espaciais em Ambientes Aquáticos da Região Central do Cerrado**. Universidade Estadual de Goiás, 2013. Disponível em: <<http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- MEDEIROS, Adaelson Campelo; FAIAL, Kleber Raimundo Freitas; FAIAL, Kelsondo Carmo Freitas; LOPES, Íris Danielly da Silva; LIMA, Marcelo de Oliveira; GUIMARÃES, Raphael Mendonça; MENDONÇA, Neyson Martins. Quality index of the surface water of amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 123, p. 156-164, 2017.
- NETO, S.B.N.I.; ARAÚJO, I.I.M.; TÁVORA, M.A. **Qualidade de Água de Bovinos da Fazenda-Escola do IFRN-Ipangaçu**. Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
- PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P. de. **Impactos Ambientais do Escoamento Superficial urbano Sobre as Águas Doces Superficiais**. São Carlos, SP: CRHEA/USP, 2005.
- SILVA, Valdemir F. **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea no Semiárido**. Centro Acadêmico do Agreste Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.
- SPERLING, Marcos Von. **Estudo e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2014. v. 7.
- VIRTUOSO, Marco Aurélio. **Qualidade ambiental das Águas do Abastecimento Público no Município de São Pedro de Alcântara – SC**. 2014. 132f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.
- WANG, Qian; ZHANG, Qionghua; WU, Yaketon; WANG, Xiaochang C. Physicochemical conditions and properties of particles in urban runoff and rivers: Implications for runoff pollution. **Chemosphere**, v.173, p. 318-325, 2017.
- World Economic Forum. **Global Risk Report**. Relatórios anuais. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2016>>. Acesso em: 30 out. 2016.