



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL

LARISSA SENA NOGUEIRA

**ESTUDO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NAS SUB-BACIAS DO MÉDIO
E BAIXO JAGUARIBE**

FORTALEZA

2018

LARISSA SENA NOGUEIRA

ESTUDO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NAS SUB-BACIAS DO MÉDIO E
BAIXO JAGUARIBE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N712e Nogueira, Larissa Sena.
Estudo do Índice de Qualidade das Águas nas sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe / Larissa Sena
Nogueira. – 2018.
47 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.
1. Monitoramento de águas. 2. Índices de qualidade. 3. Recursos hídricos superficiais. I. Título.
CDD 620
-

LARISSA SENA NOGUEIRA

ESTUDO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NAS SUB-BACIAS DO MÉDIO E
BAIXO JAGUARIBE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof . Dr. Fernando José Araújo da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Msc. José Ademar Gondim Vasconcelos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Engenheiro Químico Gustavo Ribeiro Ross

A Deus, que me deu forças para buscar e alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Luiz e Luzia, e toda minha família, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Pai, Luiz Augusto, por todos os ensinamentos, apoio e por acreditar e se orgulhar das minhas conquistas.

À minha mãe, Luzia, por me dar suporte em todos os momentos e por ser sempre uma fonte de amor e carinho.

A toda a minha família, que mesmo não estando sempre comigo conseguem me passar confiança e apoio.

À minha grande amiga, Rosângela, que é um dos grandes presentes da graduação e conselheira de todas as horas.

Ao meu orientador, Prof. Fernando José, por toda a confiança depositada e por mostrar o caminho a ser trilhado nessa pesquisa.

Aos meus amigos de curso Adrya, Artur Costa, Artur Holanda, Maria Elizabete, Maria Gabriela, Matheus Cavalcante, Mônica, Rebeca, Suyanne, Vitor Werton e Yan, por todas as risadas, mesmo nas horas de dificuldades.

À instituição UFC que me acolheu e me transformou em uma pessoa melhor. Obrigado a esta universidade de excelência e seus professores.

“Educação não transforma o mundo. Educação muda pessoas. Pessoas transformam o mundo.”
Paulo Freire

RESUMO

A demanda crescente por água potável faz com que a questão da qualidade deste recurso seja importante para garantir as condições mínimas para sua ingestão e utilização para fins higiênicos. Os índices de qualidade de água são utilizados para quantificar este aspecto. Um desses índices é o Índice de Qualidade das Águas (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), que calcula a qualidade baseado em nove parâmetros: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, coliformes termotolerantes, nitrato, fosfato total, temperatura, turbidez e sólidos totais. Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade hídrica das sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe, Ceará, por meio do IQA. Aplicaram-se os dados de monitoramento das sub-bacias em equações a fim de determinar o escore de cada parâmetro necessário no cálculo do IQA. Os valores de IQA da sub-bacia do Baixo Jaguaribe variaram entre 52 e 88, enquanto a sub-bacia do Médio Jaguaribe teve valores de IQA entre 58 e 82. Quando comparadas, a sub-bacia do Médio Jaguaribe apresentou melhores resultados de qualidade de água, com menor variação de qualidade entre as amostras coletadas. Todavia ambas apresentaram média na faixa de classificação de boa qualidade, ou seja, a água é apropriada para o abastecimento público, desde que submetidas a tratamento adequado.

Palavras-chave: Monitoramento de águas. Índice de Qualidade das Águas. Recursos hídricos superficiais. Médio Jaguaribe. Baixo Jaguaribe.

ABSTRACT

The increasing demand for potable water makes the question of the quality of this resource important in order to guarantee the minimum conditions for its ingestion and use for hygienic purposes. The water quality indexes are used to quantify this aspect. One of these indices is the Water Quality Index (WQI), developed by the National Sanitation Foundation (NSF), which calculates the quality based on nine parameters: dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, pH, thermotolerant coliforms, nitrate, total phosphate, temperature, turbidity, and total solids. This work aimed to analyze the water quality of the sub-basins of the Middle and Low Jaguaribe, Ceará, through the IQA. The sub-basin monitoring data were applied in equations to determine the score of each parameter required in the calculation of the IQA. The IQA values of the Lower Jaguaribe sub-basin varied between 52 and 88, while the Jaguaribe Medium sub-basin had IQA values between 58 and 82. When compared, the Jaguaribe Medium sub-basin presented better quality results water, with lower quality variation among the samples collected. However, both presented an average in the classification range of good quality, that is, water is appropriate for public supply, provided that they undergo appropriate treatment.

Keywords: Water monitoring. Water Quality Index. Surface water resources. Medium Jaguaribe. Low Jaguaribe.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Considerações iniciais	11
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivos	12
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	12
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	12
1.4	Estrutura do trabalho	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Parâmetros de Qualidade da Água	14
2.2	Monitoramento da qualidade da água no Brasil	14
2.3	Índices de avaliação	15
<i>2.3.1</i>	<i>Índice de Qualidade das Águas (IQA)</i>	16
<i>2.3.2</i>	<i>Índice de Qualidade da água bruta- abastecimento público (IAP)</i>	19
<i>2.3.3</i>	<i>Índice de estado trófico (IET)</i>	19
<i>2.3.4</i>	<i>Índice de balneabilidade (IB)</i>	20
<i>2.3.5</i>	<i>Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática (IVA)</i>	21
2.4	Usos do IQA	21
3	METODOLOGIA	26
3.1	Tipo do estudo	26
3.2	Bacias do estudo	26
3.3	Caracterização geral da sub-bacia do Baixo Jaguaribe	26
<i>3.3.1</i>	<i>Oferta Hídrica</i>	27
<i>3.3.2</i>	<i>Demanda Hídrica</i>	28
3.4	Caracterização geral da sub-bacia do Médio Jaguaribe	28
<i>3.4.1</i>	<i>Oferta Hídrica</i>	29
<i>3.4.2</i>	<i>Demanda Hídrica</i>	29
3.5	Abordagem	30
<i>3.5.1</i>	<i>Equações utilizadas</i>	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A – CURVAS GERADAS A PARTIR DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS NESTE TRABALHO: CETESB E SCQA	43
	ANEXO A – DADOS DA SUB-BACIA DO BAIXO JAGUARIBE	45
	ANEXO B – DADOS DA SUB-BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índice de Balneabilidade - Classificação Anual.....	20
Tabela 2 – Pesos dos parâmetros de Qualidade da Água do IQA para o somatório.....	22
Tabela 3 – Pesos dos parâmetros de Qualidade da Água do IQA para o produtório.....	25
Tabela 4 – Classificação dos valores do IQA nos estados brasileiros.....	25
Tabela 5 – Quadro descritivo das sub-bacias do médio e baixo Jaguaribe	26
Tabela 6 – Equações para a determinação da qualidade dos Coliformes termotolerantes.....	32
Tabela 7 – Equações para a determinação da qualidade do pH.....	32
Tabela 8 – Equações para a determinação da qualidade da DBO.....	33
Tabela 9 – Equações para a determinação da qualidade do Nitrato total.....	33
Tabela 10 – Equações para a determinação da qualidade do Fosfato total.....	33
Tabela 11 – Equações para a determinação da qualidade da Temperatura.....	34
Tabela 12 – Equações para a determinação da qualidade da Turbidez.....	34
Tabela 13 – Equações para a determinação da qualidade do Resíduo total.....	34
Tabela 14 – Equações para a determinação da qualidade do Oxigênio dissolvido.....	35
Tabela 15 – Dados agrupados dos dados do monitoramento.....	36
Tabela 16 – Medidas de tendência central e dispersão do IQA das sub-bacias.....	37

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A água é um recurso preponderante para a determinação da condição de vida do ser humano. No entanto, a aumento populacional, exerce forte pressão sobre os recursos hídricos, tanto no que diz respeito a qualidade quanto a quantidade das águas nos mananciais. Em regiões áridas e semiáridas, a vulnerabilidade deste recurso se torna ainda mais evidente, como decorrência natural da escassez hídrica da região. Nessas regiões, os recursos naturais apresentam uma fragilidade maior às ações antrópicas.

Na Bacia do Jaguaribe, no Ceará, os recursos hídricos são prejudicados pelo assoreamento dos rios e reservatórios, que gera desequilíbrio nas condições hidráulicas, como enchentes e perda da capacidade de armazenamento, prejudicando os múltiplos usos da água (FREIRE et al., 2013).

O Rio Jaguaribe, principal recurso hídrico do Estado do Ceará, destaca-se pela importância no abastecimento de água da população cearense, três de suas bacias, respondem por aproximadamente 54% da capacidade de armazenagem de água do Estado do Ceará, correspondente a cerca de 10 bilhões de metros cúbicos (IPECE, 2016). A qualidade e quantidade da água deste rio são fatores determinantes para o uso pela população. Por isso, a água deve atender às condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizadas para fins higiênicos, o que se consegue através do tratamento, quando o recurso oferece risco à saúde pública.

A demanda crescente de água ao longo dos últimos anos e a necessidade do controle da qualidade das fontes deste recurso levaram a criação de agências e órgãos reguladores, que por sua vez vêm criando e adaptando à realidade brasileira índices para avaliar os recursos hídricos brasileiros. Esses índices são fundamentais para caracterizar a água, a fim de se provar a existência de possível carga poluidora, e assim ser possível aplicar instrumentos legais para a recuperação da qualidade dessa água. Eles também tornam a população mais informada da situação dos corpos d'água, fazendo desta peça fundamental na gestão de qualidade da água.

1.2 Justificativa

O IQA permite obter informações referentes à qualidade da água, inclusive em relação à tendência da evolução da qualidade ao longo do tempo. O trabalho se justifica na importância deste índice para as sub-bacias estudadas.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo geral*

O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade hídrica das sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe, por meio da determinação do índice de qualidade das águas para estas sub-bacias.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Determinar os parâmetros que possuem maior correlação com o índice de qualidade calculado para cada sub-bacia;
- Avaliar a distribuição dos valores dos parâmetros coletados no monitoramento, identificando possíveis *outliers*.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos distribuídos da seguinte forma:

O primeiro capítulo é de introdução e apresenta um escopo geral sobre o tema e uma visão da situação hídrica das bacias ao longo do Rio Jaguaribe, com a explanação da justificativa do estudo, dos objetivos e de sua estrutura.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, através de revisão bibliográfica, com termos e conceitos necessários ao desenvolvimento do trabalho.

O terceiro capítulo constitui a metodologia, com especificação dos procedimentos, delineamento do estudo, enfoque e plano de análise de dados.

O quarto capítulo trata dos dados obtidos na pesquisa, demonstrando a importância destes, com análise pertinente e explicações adequadas aos objetivos estabelecidos.

O quinto capítulo apresenta a conclusão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Parâmetros de Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água é um processo global de verificação da natureza física, química e biológica da água em relação à sua qualidade natural, efeitos das ações antrópicas e dos usos esperados (MARQUES, 2002). Esses parâmetros podem ainda possuir mais informações quanto a origem (natural ou antropogênica), sua importância sanitária, sua utilização e sobre como se interpreta seus resultados (VON SPERLING, 1996).

Os parâmetros podem ser divididos em parâmetros físicos, que são aqueles que se relacionam ao aspecto estético da água e podem afetar a qualidade da água, entre eles estão temperatura, sabor e odor, cor e turbidez; parâmetros químicos, que são os parâmetros relacionados às reações químicas presentes na água, tais como pH, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido (OD), matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO); e parâmetros biológicos, aqueles analisados sob o ponto de vista de organismos indicadores, como coliformes termotolerantes e algas.

2.2 Monitoramento da qualidade da água no Brasil

O monitoramento da qualidade das águas naturais é o conjunto de práticas que visam acompanhar as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais. Essas práticas incluem a coleta de dados e de amostras de água em locais específicos, feitas em intervalos regulares de tempo, de forma que possam ser utilizadas para definir a presente condição da qualidade da água (ANA, 2018).

Algumas redes estaduais de monitoramento da qualidade da água são bem abrangentes, com coletas frequentes e medição de diversos parâmetros. No entanto, outras possuem poucas coletas e medem poucos parâmetros. Devido a essa heterogeneidade e por algumas Unidades Federativas sequer possuírem rede estadual de monitoramento, encontram-se dificuldades na avaliação da qualidade de água no Brasil.

A Agência Nacional das Águas (ANA) lançou, em 2010, o Programa Nacional de Qualidade das Águas (PNQA) que tem por objetivo desenvolver ações que permitam o aprimoramento e a ampliação do monitoramento da qualidade das águas superficiais operadas pelas Unidades da Federação, permitindo que suas informações estejam disponíveis para toda a população. Foi lançado no mesmo ano, o Portal da Qualidade das Águas, um portal na internet que permite o acesso à informação por parte da sociedade civil e uma maior interação entre os órgãos públicos envolvidos no monitoramento e a avaliação das águas do Brasil (ANA, 2013).

Alguns dos desafios no monitoramento da qualidade da água são os de aumentar os pontos de estudo, padronizar os protocolos e integrar as informações de qualidade no país. Além disso, é importante o desenvolvimento de protocolos de coleta e avaliação em nível nacional no sentido de usar bioindicadores, e não apenas indicadores físico-químicos, como ferramenta complementar para a gestão e conservação dos recursos hídricos.

2.3 Índices de avaliação

Para lidar com processos que requerem um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores surgiram os índices e indicadores. Especialmente no que diz respeito aos aspectos ambientais do desenvolvimento, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB,2018a). Por isso, a gama de informações trazidas nesses indicadores deve ser acessível e de fácil entendimento pelas pessoas envolvidas no gerenciamento deste recurso, incluindo as pessoas a quem destina a água destes mananciais.

O fato de representar diversas variáveis em um único número traz maior destaque do que quando usadas as variáveis isoladas e gera facilidade de compreensão do público leigo. Porém, a principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre elas. Apesar do índice fornecer uma avaliação integrada, não pode substituir uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2018a).

2.3.1 *Índice de Qualidade das Águas (IQA)*

O primeiro índice de qualidade de água foi desenvolvido por Horton (1965) para a região do vale de Ohio, nos Estados Unidos. Referia-se aos índices como ferramenta para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública (DERÍSIO, 1992). O autor trabalhou com 8 características de grande significância na qualidade de água para formular um índice geral: tratamento dos esgotos, pH, oxigênio dissolvido, coliformes, condutividade específica, carbono, alcalinidade e cloro. O índice proposto também considerava temperatura e “poluição visível” (do termo em inglês “obvious pollution”), porém estes eram inclusos como fatores de correção, que multiplicavam o índice resultante do cálculo feito com os demais parâmetros. Caso fosse constatado temperaturas acima do valor arbitrado (34°C) e/ou poluição claramente identificada pelo odor ou pelo aspecto visual do corpo d’água, o índice sofria uma brusca redução, caso contrário, o fator de correção era 1, ou seja, o índice não se alterava.

Uma versão melhorada do índice de Horton foi proposto por Brown et al. (1970) e por Deininger e Maciunas (1971) com o apoio da *National Sanitation Foundation*. Para o desenvolvimento deste índice, um conjunto de entrevistados especialistas em qualidade da água foram submetidos a questionários sobre quais variáveis deveriam ser incluídas em um índice de qualidade e qual peso deveria ser aplicado a cada uma delas. Esta abordagem é conhecida com técnica de Delphi e se destina a dar uma maior convergência de opinião sobre a importância de cada variável para a qualidade da água. Ao fim, elegeram-se nove variáveis para compor o Índice de Qualidade das Águas (IQA): oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, coliformes termotolerantes, nitrato, fosfato total, temperatura, turbidez e sólidos totais. Dois parâmetros adicionais foram considerados, elementos tóxicos e pesticidas, porém não eram inclusos na equação como os demais. Para eles, era estabelecido um valor limite que, se ultrapassado, levava automaticamente o IQA para zero.

Muitos são os índices de qualidade existentes na literatura. No Brasil, assim como já havia ocorrido em outros países, o índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* foi adaptado para o uso em território nacional. A agência que foi responsável por isso, no Brasil, foi a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

De acordo com a CETESB (2018a), as variáveis de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA refletem principalmente a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo

lançamento de esgotos domésticos. O IQA-CETESB tem como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas. Nessa adequação, feita em 1975, o parâmetro nitrato foi substituído por nitrogênio total, e o parâmetro fosfato total foi substituído por fósforo total, mantendo-se os pesos e curvas de qualidade estabelecidos pela NSF, que serão abordados a seguir.

Cada parâmetro do IQA tem sua importância na classificação da qualidade do manancial. Eles abordam diferentes aspectos da água, que, quando analisados em conjunto, fornecem uma visão mais clara da qualidade da água. CETESB (2004) descreve os parâmetros considerados no cálculo do IQA, o que é abordado nos parágrafos seguintes.

O **Oxigênio Dissolvido** é vital para a manutenção da vida em sistemas aquáticos. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade. Por exemplo, em uma cascata a taxa de reaeração superficial é maior que a de um rio com velocidade normal. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese das algas. Valores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar águas poluídas por esgotos, pois o oxigênio presente na água é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica.

A **Demanda Bioquímica de Oxigênio** de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A $DBO_{5,20}$ é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido em 5 dias, em uma temperatura de incubação de 20 °C.

Os **Coliformes termotolerantes** são um grupo de bactérias que ocorre no trato intestinal de animais endotérmicos e são os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Elas não são patogênicas, mas indicam a possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, como a disenteria bacilar e a cólera.

O **Potencial Hidrogeniônico (pH)** afeta a vida aquática diretamente em razão de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécie. O efeito indireto se dá na possibilidade de determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Foi estabelecido, pela Resolução do Conama nº 357/ 2005, que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9.

A **Temperatura** de um corpo hídrico é variável ao longo do dia e das estações do ano, além de variar com a profundidade, contudo o lançamento de efluentes a altas temperaturas, geralmente provocado por despejos industriais e usinas termelétricas, impacta significativamente os organismos que vivem nas águas do corpo hídrico. Temperaturas fora da faixa de tolerância desses organismos afetam sua migração, reprodução e crescimento. Além disso, a temperatura influencia aspectos físico-químicos da água, como a tensão superficial e a viscosidade.

O **Nitrogênio** de um corpo d'água pode ser proveniente do lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais, do escoamento da água da chuva em solos fertilizados, além da fixação do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Também em áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública podem contribuir para a presença de nitrogênio nos corpos hídricos. Quando em excesso, o nitrogênio, junto com outros nutrientes como o fósforo, causa crescimento excessivo de algas (eutrofização), podendo prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática. Devido o nitrogênio apresentar diversas fontes, algumas muito difíceis de serem controladas, como a fixação de nitrogênio atmosférico, o controle das fontes de fósforo é preferível ao controle de nitrogênio na redução da eutrofização.

Entre as fontes de **Fósforo** destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da matéria fecal, que é rica em proteínas. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícios, laticínios, frigoríficos e abatedouros. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é fonte de fósforo para os corpos d'água. Assim como o nitrogênio, o fósforo consiste em um dos principais nutrientes para os processos biológicos.

A **Turbidez** indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (tais como silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos às margens dos rios, que leva material para os corpos d'água. Isso pode ocorrer devido ao mau uso do solo, em que se impede a fixação da vegetação. O aumento da turbidez eleva os custos no tratamento da água e afeta a preservação da vida aquática, pois reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas.

Resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água a uma temperatura preestabelecida em um tempo fixado. Quando esse

resíduo se deposita nos leitos dos corpos d'água, pode destruir organismos que fornecem alimentos ou danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia.

Uma das limitações deste índice, citada pelo próprio CETESB, é o fato de considerar apenas a sua utilização para o abastecimento público, e, ainda assim, não contempla outras variáveis, tais como, metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trialometanos das águas de um manancial.

2.3.2 Índice de Qualidade da água bruta- abastecimento público (IAP)

O Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) foi criado por um Grupo Técnico composto por integrantes do CETESB, da SABESP, de institutos de pesquisa e de universidades. O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas (CETESB, 2017). Assim, o IAP é composto por três principais grupos de variáveis:

- a) IQA: grupo de variáveis básicas (Temperatura da água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo total, Sólido Total e Turbidez);
- b) 1º grupo do ISTO: variáveis que indicam presença de substâncias tóxicas (Potencial de Formação de Trialometanos, Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel);
- c) 2º grupo do ISTO: variáveis que afetam a qualidade organoléptica (Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre, Zinco).

2.3.3 Índice de estado trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias.

Duas variáveis são aplicadas neste índice: a clorofila *a* e o fósforo total.

A eutrofização é o processo progressivo de enriquecimento de nutrientes dos sistemas de água. O aumento em nutrientes conduz a um aumento da produtividade do sistema de água, o que pode resultar em um aumento excessivo na biomassa de algas ou de outros produtores primários (PEREIRA, 2015). Um dos principais agentes causadores deste processo é o fósforo, portanto a medida do fósforo num recurso hídrico deve ser entendida como uma medida do potencial de eutrofização. Já a avaliação da clorofila *a*, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando o nível de crescimento das algas. Assim, o índice engloba a causa e o efeito do processo.

Alguns efeitos da eutrofização são: maus odores e mortandade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, redução na navegação e capacidade de transporte, modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial, contaminação da água destinada ao abastecimento público.

2.3.4 Índice de balneabilidade (IB)

O índice que visa avaliar a qualidade da água para fins de recreação de contato primário é o Índice de Balneabilidade, e pode ser aplicado em praias litorâneas e em águas interiores.

Nos locais em que é realizado monitoramento semanal, o IB é calculado a partir das classificações obtidas ao longo das 52 semanas do ano. Nos locais onde é realizado monitoramento mensal, o IB é calculado a partir das densidades de *E. coli*. As especificações que determinam a qualidade anual são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Índice de Balneabilidade - Classificação Anual

Categoria	Classificação
ÓTIMA	Praias classificadas como EXCELENTES em 100% do tempo.
BOA	Praias próprias em 100% do tempo, exceto as classificadas como ÓTIMA.
REGULAR	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em até 25% do tempo.
RUIM	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS entre 25% e 50% do tempo.
PÉSSIMA	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em mais de 50% do tempo.

Fonte: CETESB (2018a).

A legislação que estabelece os critérios e valores limites para análise da balneabilidade é a Resolução CONAMA nº274, de 29 de novembro de 2000.

2.3.5 Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática (IVA)

Este índice tem por objetivo avaliar a qualidade de água para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto dos índices de avaliação para o consumo humano e recreação de contato primário.

O IVA considera a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas das variáveis consideradas essenciais para a biota: pH e oxigênio dissolvido. Consideram-se ainda as variáveis agrupadas no IPMCA–Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática, bem como o IET–Índice do Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo (1990) e Lamparelli (2004). Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, como também sobre o seu grau de trofia.

2.4 Usos do IQA

O índice de qualidade das águas (IQA) desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* em 1970, conhecido como IQA-NSF, resulta em uma combinação linear com peso para cada parâmetro. A equação do cálculo do IQA-NSF está apresentada na equação 1:

$$IQA_{NSF} = \sum_{i=1}^n W_i q_i \quad (1)$$

Em que:

IQA_{NSF} : índice de qualidade das águas (número entre 0 e 100);

W_i : peso relativo do *i-ésimo* parâmetro (número entre 0 e 1) atribuído em função da importância do parâmetro para a conformação global de qualidade, conforme é apresentado na Tabela 2, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (2)$$

q_i : qualidade do *i-ésimo* parâmetro (número entre 0 e 100), obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração medida, conforme gráficos da Figura 1;

n : número de variáveis do cálculo do IQA (9 parâmetros).

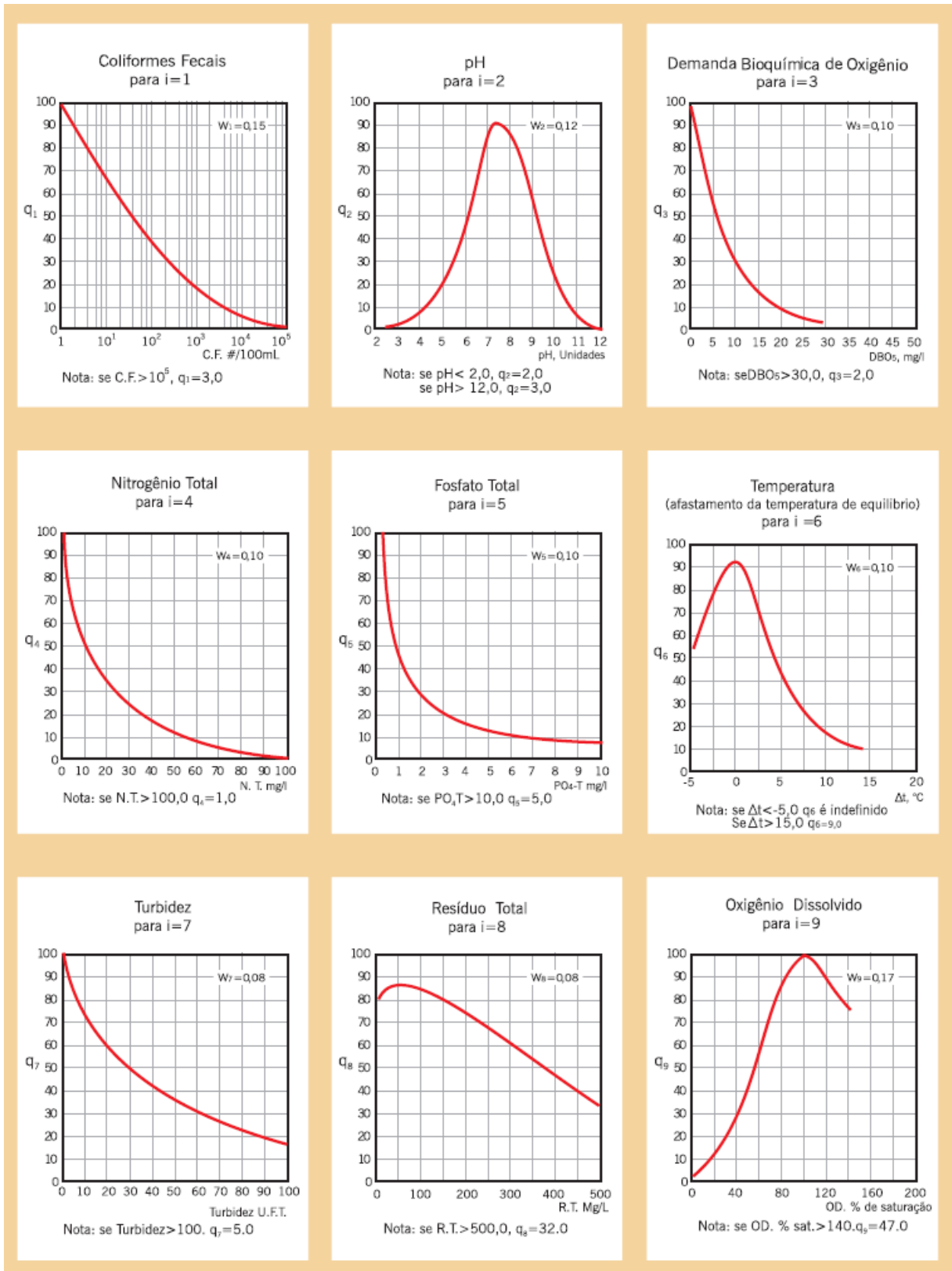
Os valores dos pesos relativos dos parâmetros usados no cálculo do IQA-NSF estão mostrados na Tabela 2 e são introduzidos na equação 1 multiplicando a qualidade (q_i) de seu respectivo parâmetro, que, por sua vez, deve ser extraída dos gráficos da Figura 1 ou de equações referentes a estas curvas.

Tabela 2 – Pesos dos parâmetros de Qualidade da Água do IQA para o somatório

Parâmetros	Pesos (W)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial hidrogeniônico- pH	0,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	0,11
Temperatura da água	0,10
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,07

Fonte: Pereira (2015).

Figura 1 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA



Fonte: Agência Nacional das Águas (2018).

O IQA também possui uma forma multiplicativa, proposta por Brown et al. (1973), indicada na equação 3.

$$IQA_{NSF} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (3)$$

Em que:

IQA_{NSF} : índice de qualidade das águas (número entre 0 e 100);

W_i : peso relativo do *i-ésimo* parâmetro (número entre 0 e 1) atribuído em função da importância do parâmetro para a conformação global de qualidade, conforme é apresentado na Tabela 3;

q_i : qualidade do *i-ésimo* parâmetro (número entre 0 e 100), obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração medida, conforme gráficos da Figura 1;

n : número de variáveis do cálculo do IQA (9 parâmetros).

Na forma multiplicativa, se qualquer um dos parâmetros tiver valor próximo a zero, o IQA resultará em um valor também próximo de zero. No caso de não se dispor do valor de alguma das 9 variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

As investigações subsequentes tenderam a mostrar que a forma multiplicativa concordava melhor com a opinião de especialistas do que a aditiva. No entanto, ambas continuaram em uso (LUMB et al., 2011).

Os valores dos pesos relativos dos parâmetros usados no cálculo do IQA-NSF da forma multiplicativa estão mostrados na Tabela 3. As curvas médias de variação dos parâmetros para o cálculo do IQA na forma multiplicativa, são as mesmas da forma aditiva e está indicada na Figura 1.

Com relação aos parâmetros e à fórmula de cálculo do IQA, também existem diferenças entre as unidades da Federação. No Rio Grande do Sul foi retirado o parâmetro temperatura do cálculo do IQA. Alguns estados (ex.: Amapá, Minas Gerais e Mato Grosso) utilizam os parâmetros fosfato total e nitrato total. Outros estados (ex.: Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul) utilizam o fosfato total e o nitrogênio total, e os Estados de São Paulo e Paraná utilizam o fósforo total e o nitrogênio total. Apesar dessas diferenças, foi considerado que os valores do IQA não sofrem uma influência significativa das formas de nitrogênio e

fósforo que pudesse impedir uma comparação (ANA,2005). Outra diferença está nas faixas de classificação dos valores de IQA, que variam entre os estados brasileiros, como é mostrado na Tabela 4.

Tabela 3 – Pesos dos parâmetros de Qualidade da Água do IQA para o produtório

Parâmetros	Pesos (W)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico- pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

Tabela 4 – Classificação dos valores do IQA nos estados brasileiros

Qualidade da água	Valor do IQA (Estados: AL, AP, MG, MT, PR, RJ, RN, RS)	Valor do IQA (Estados: BA, CE, GO, ES, MS, PB, PE, SP)
Ótima	91 – 100	80 – 100
Boa	71 – 90	52 – 79
Aceitável	51 – 70	37 – 51
Ruim	26 – 50	20 – 36
Péssima	0 – 25	0 – 19

Fonte: Agência Nacional de Águas (2005 e 2018).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo do estudo

Esta pesquisa tem caráter teórico-aplicativo, baseada em dados anteriormente coletados e disponibilizados. Trata-se de um trabalho quantitativo que busca, por meio da análise de dados numéricos de variáveis, avaliar sub-bacias hidrográficas na região do semiárido cearense.

3.2 Bacias do estudo

As sub-bacias do estudo fazem parte da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, que forma o maior conjunto hidrográfico do Ceará. O quadro descritivo resumido das sub-bacias de estudo é mostrado na Tabela 5. Para municípios pertencentes a mais de uma sub-bacia, foram considerados, nos cálculos de área, apenas a área do município que se encontra efetivamente na sub-bacia e, nos cálculos de população, os valores equivalentes à porcentagem de área que se encontra na referida sub-bacia. Para municípios localizados em uma única sub-bacia, usaram-se os valores totais populacional e territorial do município no somatório.

Tabela 5 – Quadro descritivo das sub-bacias do médio e baixo Jaguaribe

Bacias	Número de municípios	Área (km ²)	População (hab.)	Densidade populacional (hab./km ²)	Demanda hídrica (m ³ /s)
Médio Jaguaribe	16	10.457,18	194.625,41	18,61	5,081
Baixo Jaguaribe	13	7.034,89	316.991,26	45,06	2,166

Fonte: Adaptado de IBGE (2018) e de CEARÁ (2009a, 2009b).

3.3 Caracterização geral da sub-bacia do Baixo Jaguaribe

A sub-bacia do Baixo Jaguaribe localiza-se na porção oriental do Estado do Ceará. O rio Jaguaribe é seu principal rio. Das cinco sub-bacias que compõem a Bacia do Jaguaribe, é a de menor área. Sua área equivale a 4% do território cearense. Drena uma área de 7.021km², alcançando 13 municípios, sendo quatro integralmente: Icapuí, Itaiçaba, Jaguaruana e Quixeré,

e os demais parcialmente: Alto Santo, Aracati, Fortim, Ibicuitinga, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Russas e Tabuleiro do Norte.

O clima semiárido quente e subúmido propicia temperaturas anuais médias em torno dos 26°C a 28°C. A média pluviométrica anual da sub-bacia é de 838,0 mm (CEARÁ, 2009a).

3.3.1 Oferta Hídrica

Em relação às águas superficiais, a sub-bacia do Baixo Jaguaribe possui um total de 1271 espelhos d'água, destes 443 apresentam área superior a 5 ha (FUNCEME, 2016). Caracteriza-se pelos trechos largos e Aluvião que margeiam ao baixo curso do rio Jaguaribe.

A consolidação da oferta hídrica desta sub-bacia engloba 1 reservatório (Santo Antônio de Russas), com capacidade maior que 10 milhões de metros cúbicos, tendo em vista que os açudas com capacidade inferior a este valor têm como principal função acumular volumes para serem usados no mesmo ano (da estação chuvosa para a seca) e, portanto, não servem como reservas interanuais, pois, quando da ocorrência de anos secos consecutivos, tais reservatórios não apresentam volumes para o atendimento às demandas (CEARÁ,2009a).

O reservatório Santo Antônio de Russas possui capacidade de acumulação de 24.000.000 m³.Este reservatório, monitorado pela Cogerh, tem suas águas classificadas como mesotróficas, ou seja, apresentam um estado trófico intermediário ente as situações de baixo teor em nutrientes (oligotrofia) e de grande enriquecimento em nutrientes (eutrofia). Normalmente, essa classificação está relacionada com o quanto as águas foram renovadas durante o período chuvoso anterior à coleta da amostra.

De acordo com CEARÁ (2009a), as águas deste reservatório apresentam restrições ao consumo humano quanto à salinidade, porque, segundo análises, a concentração de cloretos foi superior a 250mg/ml, limite estabelecido pelo Ministério da Saúde. Contudo, esse dado reflete o resultado de coletas ocasionais, não apresentando uma sistemática de coleta e análise.

3.3.2 Demanda Hídrica

A demanda hídrica humana para esta sub-bacia corresponde a 7.399.203m³/ano (11% da demanda total da sub-bacia) e a 1,96% da demanda para o Estado do Ceará. Os estudos realizados referem-se apenas às demandas urbanas, visto que as demandas rurais são atendidas por reservatórios menores ou por poços, o mesmo ocorrendo com a demanda animal.

A demanda industrial dessa sub-bacia é de 6.769.456m³/ano, o que corresponde a 3,54% da demanda estadual e a 10% da demanda total da sub-bacia.

Para a irrigação, segundo CEARÁ (2005), a demanda é de 54.110.000 m³/ano (79% da demanda total da sub-bacia), sendo 10.620.000 m³/ano para atendimento aos perímetros públicos, com área de 590 ha, e o restante para perímetros privados, com área de 5.654 ha.

Portanto, a demanda total é da ordem de 2,166 m³/s e a vazão superficial de 0,660 m³/s, ou seja, existe um déficit de 1,506 m³/s, se se considerar apenas a oferta hídrica superficial. Porém, existe uma disponibilidade de águas subterrâneas da ordem de 0,89 m³/s.

3.4 Caracterização geral da sub-bacia do Médio Jaguaribe

A sub-bacia do Médio Jaguaribe localiza-se na porção leste do Estado do Ceará e limita-se, em sua porção oriental, com o Estado do Rio Grande do Norte. Faz fronteira com todas as outras sub-bacias que compõem a Bacia do Jaguaribe. Sua área equivale a 7% do território cearense. Drena uma área de 10.335 km² correspondente a 16 municípios, sendo 9 integralmente: Alto Santo, Deputado Irapuan Pinheiro, Ererê, Iracema, Jaguaribe, Pereiro, Potiretama, São João do Jaguaribe e Solonópole; e 7 deles parcialmente: Icó, Jaguaribara, Jaguaretama, Limoeiro do Norte, Milhã, Óros e Tabuleiro do Norte.

O clima Tropical Quente Semiárido proporciona uma temperatura anual média em torno dos 26°C a 28°C. A média pluviométrica anual da sub-bacia é de 742,6 mm (CEARÁ, 2009b).

3.4.1 Oferta Hídrica

Em relação às águas superficiais, a sub-bacia do Médio Jaguaribe possui um total de 4.907 espelhos d'água, destes 386 apresentam área superior a 5 ha (FUNCEME, 2016). Caracteriza-se pela perenização do rio Jaguaribe através da vazão liberada pelo açude Óros a montante da bacia. Nela destaca-se o açude Castanhão, o maior do Estado, com capacidade de acumulação de 6.700.000.000 m³, e responsável por mais de 97% do total armazenado nesta sub-bacia.

A consolidação da oferta hídrica desta sub-bacia engloba 6 dos seus 13 principais reservatórios, aqueles com capacidade maior que 10 milhões de metros cúbicos. São eles: Açude Aduino Bezerra, Canafístula, Castanhão, Ema, Jenipapeiro, Joaquim Távora, Madeiro, Nova Floresta, Potiretama, Riacho do Sangue, Santa Maria, Santo Antônio e Tigre.

As águas dos 13 reservatórios principais da sub-bacia do Médio Jaguaribe, monitorados pela Cogerh, são classificadas como eutróficas, ou seja, apresentam um estado trófico de produção biológica acima dos níveis normais.

De acordo com CEARÁ (2009b), as águas deste reservatório não apresentam restrições ao consumo humano quanto à salinidade, porque, segundo análises, a concentração de cloretos foi inferior a 250mg/ml, limite estabelecido pelo Ministério da Saúde, com exceção do açude Potiretama. Contudo, esse dado reflete o resultado de coletas ocasionais, não apresentando uma sistemática de coleta e análise.

3.4.2 Demanda Hídrica

A demanda hídrica humana para esta sub-bacia corresponde a 3.956.625 m³/ano (2% da demanda total da sub-bacia) e a 1,05% da demanda para o Estado do Ceará. Os estudos realizados referem-se apenas às demandas urbanas.

A demanda industrial dessa sub-bacia é de 1.631.877 m³/ano, o que corresponde a 0,85% da demanda Estadual e a 1% da demanda total da sub-bacia.

Para a irrigação, segundo CEARÁ (2005), a demanda é de 154.645.000 m³/ano (97% da demanda total da sub-bacia), sendo 104.292.000 m³/ano para atendimento aos

perímetros públicos, com área total de 5.794 ha, e o restante para perímetros privados, com área de 5.070 ha.

A demanda total, portanto, é da ordem de 5,081 m³/s e a vazão regularizada superficial de 31,680 m³/s. Ou seja, existe um superávit de 26,599 m³/s, considerando apenas a oferta superficial. A disponibilidade hídrica subterrânea efetiva instalada é somente da ordem de 0,20 m³/s (CEARÁ, 2009b).

3.5 Abordagem

Nas sub-bacias do rio Jaguaribe, de fevereiro de 2013 a março de 2016, foram coletadas amostras de água nas calhas dos rios em 13 pontos, sendo 4 no Médio Jaguaribe e 9 no Baixo Jaguaribe. Ao longo do período, foram coletadas 31 amostras na sub-bacia Médio Jaguaribe e 40 amostras na sub-bacia Baixo Jaguaribe. Os pontos de coletas são mostrados no mapa da Figura 2.

Para o nitrogênio, realizou-se uma adaptação no cálculo. As parcelas de NO₂⁻, NO₃⁻ e AMT, expressas em mgN/L, formam o nitrogênio inorgânico (N_{ING}). Este valor foi em seguida expresso em mg NO₃⁻/L, ou seja, multiplicado por 4,429, razão entre o peso molecular de NO₃⁻ e de N. Esse valor foi aplicado nas equações correspondente à curva de nitratos usada no IQA. Para o fósforo foi usado cálculo semelhante, a concentração de fósforo foi multiplicada por 3,066, razão entre o peso molecular de fosfato (PO₄³⁻) e de fósforo (P), para determinar a concentração de fosfato na amostra.

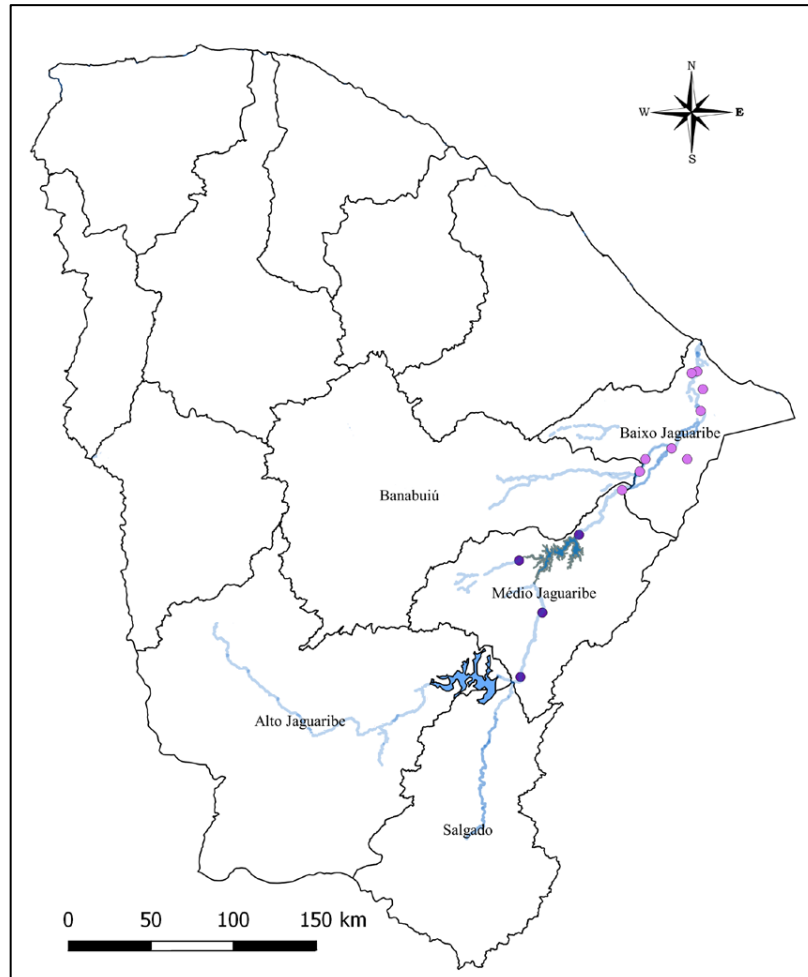
Para o parâmetro *E. coli* empregou-se a mesma curva de escore utilizada com coliformes termotolerantes.

As equações e curvas desenvolvidas pela NSF levam em consideração as variações climáticas nos EUA, sendo a temperatura o principal parâmetro afetado. No caso do Brasil, os ambientes não apresentam elevada variação térmica, por isso a consideração de variação de temperatura nula é justificável. Portanto no caso do parâmetro *variação de temperatura* (ΔT) atribuiu-se um escore igual a 94.

No cálculo do escore do oxigênio dissolvido é necessário além da concentração de oxigênio dissolvido na amostra, a temperatura da amostra e a altitude do local, com esses valores, calculam-se a concentração de saturação de OD e a percentagem de saturação de oxigênio,

sendo este último o valor efetivamente usado nas equações de cálculo da qualidade.

Figura 2 – Pontos de coletas nas sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe



Fonte: Adaptado de IPECE (2018).

No cálculo, o modelo utilizado foi o produtivo (ou multiplicativo), mostrado na equação 3.

3.5.1 Equações utilizadas

Para realizar cálculos da qualidade de cada parâmetro do IQA que condizem de forma melhor com os gráficos propostos pela NSF, foram utilizadas, neste trabalho, para alguns parâmetros equações desenvolvidas pela CETESB e para outros as desenvolvidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Apesar de diferente da CETESB, a definição das

equações pelo IGAM também é baseada nas curvas médias definidas pela NSF (Figura 1), além de serem usados os mesmos pesos (Tabela 3) e a mesma equação do cálculo do IQA (equação 3). As equações desenvolvidas pelo instituto mineiro estão incluídas no Sistema de Cálculo de Qualidade de Água (SCQA), que tem como objetivo aprimorar o banco de dados já existente e facilitar o cálculo do IQA (PEREIRA, 2015).

As equações utilizadas para determinar a qualidade de cada parâmetro estão indicadas a seguir e as curvas por estas delimitadas se encontram no Apêndice A.

- Coliformes termotolerantes:

Tabela 6 – Equações para a determinação da qualidade dos Coliformes termotolerantes

Intervalos (valores em NMP/100mL)	Equações (SCQA- IGAM)
$CT \leq 10^5$	$q_{col} = 98,24034 - 34,7145 (\log(CT)) + 2,614267(\log(CT))^2 + 0,107821(\log(CT))^3$
$CT > 10^5$	$q_{col} = 3,0$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde CT é a concentração de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) e q_{col} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Potencial hidrogeniônico:

Tabela 7 – Equações para a determinação da qualidade do pH

Intervalos	Equações (SCQA- IGAM)
$pH \leq 2,0$	$q_{pH} = 2,0$
$2,0 < pH \leq 6,9$	$q_{pH} = -37,1085 + 41,91277(pH) - 15,7043(pH)^2 + 2,417486(pH)^3 - 0,091252(pH)^4$
$6,9 < pH \leq 7,1$	$q_{pH} = -4,69365 - 21,4593(pH) - 68,4561(pH)^2 + 21,638886(pH)^3 - 1,59165(pH)^4$
$7,1 < pH \leq 12,0$	$q_{pH} = -7698,19 + 3262,031(pH) - 499,494(pH)^2 + 33,1551(pH)^3 - 0,810613(pH)^4$
$pH > 12,0$	$q_{pH} = 3,0$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde pH é o valor de pH da amostra e q_{pH} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio:

Tabela 8 – Equações para a determinação da qualidade da DBO

Intervalos (valores em mg/L)	Equações (SCQA- IGAM)
DBO \leq 30	$q_{\text{DBO}} = 100,9571 - 10,7121(\text{DBO}) + 0,49544(\text{DBO})^2 - 0,011167(\text{DBO})^3 + 0,0001(\text{DBO})^4$
DBO $>$ 30	$q_{\text{DBO}} = 2,0$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde DBO é o valor de concentração (mg/L) de DBO da amostra e q_{DBO} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Nitrato total:

Tabela 9 – Equações para a determinação da qualidade do Nitrato total

Intervalos (valores em mg/L)	Equações (SCQA- IGAM)
NT \leq 10	$q_{\text{NT}} = -5,1(\text{NT}) + 100,17$
10 $<$ NT \leq 60	$q_{\text{NT}} = -22,853 \ln(\text{NT}) + 101,18$
60 $<$ NT \leq 90	$q_{\text{NT}} = 10.000.000.000(\text{NT})^{-5,1161}$
NT $>$ 90	$q_{\text{NT}} = 1,0$

Fonte: Adaptado de Cantai (2016).

Onde NT é o valor de concentração (mg/L) de nitrato da amostra e q_{NT} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Fosfato total:

Tabela 10 – Equações para a determinação da qualidade do Fosfato total

Intervalos (valores em mg/L)	Equações (SCQA- IGAM)
FT \leq 10	$q_{\text{FT}} = 79,7 (\text{FT} + 0,821)^{-1,15}$
FT $>$ 10	$q_{\text{FT}} = 5,0$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde FT é o valor de concentração (mg/L) de fosfato da amostra e q_{FT} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Temperatura:

Como já explicado, considera-se a variação da temperatura zero, portanto o subíndice nesse parâmetro é 94. Mesmo não necessitando de gráficos ou equações na determinação desse subíndice, elaborou-se a curva a partir de uma equação proposta em Grunitzki et al. (2013) para o parâmetro temperatura, que se encontra no Apêndice A.

Tabela 11 – Equações para a determinação da qualidade da Temperatura

Intervalos (valores em °C)	Equações
$-5 \leq \Delta T \leq 15$	$q_T = 1 / (0,0003869(\Delta T + 0,1815)^2 + 0,01081)$
$\Delta T > 15$	$q_T = 9,0$

Fonte: Adaptado de Grunitzki et al. (2013).

Onde ΔT é o valor da variação de temperatura (°C) em relação à temperatura de equilíbrio e q_T é a qualidade para o referido parâmetro.

- Turbidez:

Tabela 12 – Equações para a determinação da qualidade da Turbidez

Intervalos (valores em UNT)	Equações (IQA – CETESB)
$0 < TU \leq 25$	$q_{TU} = 100,17 - 2,67(TU) + 0,03775(TU)^2$
$25 < TU \leq 100$	$q_{TU} = 84,76 \cdot e^{-0,016206(TU)}$
$TU > 100$	$q_{TU} = 5,0$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde TU é o valor da turbidez em UNT e q_{TU} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Resíduo total:

Tabela 13 – Equações para a determinação da qualidade do Resíduo total

Intervalos (valores em mg/L)	Equações (SCQA- IGAM)
$RT \leq 500$	$q_{RT} = 133,17 \cdot e^{-0,0027(RT)} - 53,17 \cdot e^{-0,0141(RT)} + [(-6,2 \cdot e^{-0,00462(RT)}) \cdot \text{sen}(0,0146(RT))]$
$RT > 500$	$q_{RT} = 30,0$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde RT é o valor da concentração (mg/L) de resíduos totais e q_{RT} é a qualidade para o referido parâmetro.

- Oxigênio dissolvido:

Tabela 14 – Equações para a determinação da qualidade do Oxigênio dissolvido

Intervalos (valores em %)	Equações (IQA – CETESB)
$\%OD \leq 50$	$q_{OD} = (0,34(\%OD)) + (0,008095(\%OD)^2) + (1,35252 \times 0,00001(\%OD)^3) + 3$
$50 < \%OD \leq 85$	$q_{OD} = (-1,166(\%OD)) + (0,058(\%OD)^2) - (3,803435 \times 0,0001(\%OD)^3) + 3$
$85 < \%OD \leq 100$	$q_{OD} = 3,7745(\%OD)^{0,704889} + 3$
$100 < \%OD \leq 140$	$q_{OD} = (2,9(\%OD)) - (0,02496(\%OD)^2) + (5,60919 \times 0,00001(\%OD)^3) + 3$
$\%OD > 140$	$q_{OD} = 47 + 3$

Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

Onde %OD é o valor da percentagem de saturação de oxigênio dada pela equação:

$$\%OD = 100 \times \frac{OD}{CS} \quad (4)$$

Em que:

$$CS = (14,62 - 0,3898T + 0,006969T^2 - 0,00005896T^3) \times (1 - 0,0000228675 \cdot alt)^{5,167} \quad (5)$$

Onde OD é a concentração em mg/L do oxigênio dissolvido na água, CS é a concentração de saturação de OD, T é a temperatura em °C, *alt* é a altitude em decímetros e q_{OD} é a qualidade para o referido parâmetro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do monitoramento que foram utilizados neste trabalho são mostrados nos Anexos A e B. A Tabela 15 mostra um quadro resumo destes dados agrupados das duas sub-bacias consideradas. O pH afeta o metabolismo de várias espécies e, de acordo com a Resolução CONAMA n°357/2005, para proteção das espécies aquáticas deve estar entre 6,0 e 9,0. A média está neste intervalo, porém 4 valores de pH se encontram acima deste limite. Os valores de Resíduo total apresentaram variação muito elevada, o que é mostrado no desvio padrão, porém notou-se que 3 dos valores de RT (maiores que 10.000 mg/L) estão elevando a média consideravelmente. Se excluídos, a média se reduz a 431.51. Portanto, nota-se que se trata de *outliers*. Os valores de *E.coli* são afetados pelas amostras que possuem ausência de coliformes, ou seja, de valor 1 NMP/100mL. O desvio padrão do parâmetro Turbidez é alto, porém os valores de todas as amostras são menores que o limite de 100 UNT, estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Tabela 15 – Dados agrupados dos dados do monitoramento

Medidas	E.coli	pH	DBO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	AMT	PT (P)	Temp	Turb	RT	OD
	(NMP/100mL)	(unid)	(mg/L)	(mg N/L)			(mg P/L)	(°C)	(UNT)	(mg/L)	
MÉDIA	309.75	7.75	3.07	0.61	0.03	0.22	0.38	29.15	5.61	2283.93	7.44
MEDIANA	20.00	7.89	3.00	0.30	0.01	0.17	0.33	29.50	3.00	329.00	7.20
MÍNIMO	1.00	6.20	0.60	0.01	0.00	0.01	0.02	21.60	0.20	152.00	2.00
MÁXIMO	9000.00	9.20	8.40	5.00	0.50	1.60	1.58	33.70	42.00	62520.0	12.50
DESvio PADRÃO	1155.3	0.7	1.7	1.0	0.1	0.3	0.3	2.7	6.9	9518.3	1.7

Fonte: Autora (2018).

Os valores individuais dos parâmetros obtidos em cada coleta foram aplicados nas equações para a determinação da qualidade dos parâmetros, de forma direta ou após alguma conversão, como no caso do oxigênio dissolvido, nitrato e fosfato. Obtidos os valores dos escores de cada parâmetro, estes foram aplicados na fórmula do IQA (equação 3) juntamente com seus respectivos pesos (Tabela 3).

Dos 40 valores de IQA obtidos na sub-bacia do Baixo Jaguaribe, 37 estão na faixa de “Boa qualidade”, ou seja, com valores entre 52 e 80, e o restante, 3 amostras, é considerado amostra de qualidade “ótima”. O mesmo valor de amostras de “ótima” qualidade é encontrada

na sub-bacia do Médio Jaguaribe; o restante, 28 amostras, apresenta qualidade “Boa”. Isso indica mais de 90% das amostras de cada sub-bacia de boa qualidade e menos de 10% de qualidade ótima.

O menor valor de IQA encontrado foi de 52, que é bem próximo ao limite inferior da faixa de qualidade “boa” que é 51, porém esse valor adquire pouca importância quando se considera a média de IQA.

Fazendo a análise de correlação de Pearson de forma a identificar a influência dos parâmetros no cálculo do IQA, identificou-se que o parâmetro *E.coli* é o que apresenta maior correlação com o índice de qualidade ($r=0,535$) para a Sub-bacia do Baixo Jaguaribe; e o parâmetro Nitrato ($r=0,584$), para a do Médio Jaguaribe.

As medidas de tendência central e dispersão dos valores do IQA estão indicados na Tabela 16. Como se percebe a média de ambas as sub-bacias estão no intervalo de “boa” qualidade, assim como suas medianas.

Tabela 16 –Medidas de tendência central e dispersão do IQA das sub-bacias

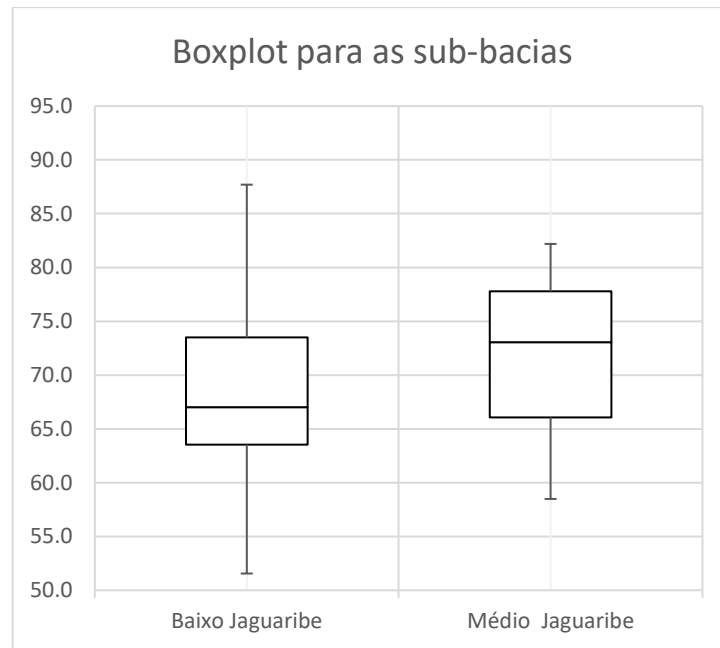
Medidas	Baixo Jaguaribe	Médio Jaguaribe
MÉDIA	68	71
MEDIANA	67	73
MÍNIMO	52	59
MÁXIMO	88	82
DESVIO PADRÃO	8	7
VARIANCIA	67	50
CV	0.121	0.099
1º QUARTIL	64	66
3º QUARTIL	74	78

Fonte: Autora (2018).

Um gráfico boxplot para cada sub-bacia foi construído baseado nos dados acima (Gráfico 1). A dispersão dos dados pode ser representada pelo intervalo interquartil, que é a diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil, percebe-se que a dispersão é ligeiramente maior na sub-bacia Médio Jaguaribe. Porém a amplitude, ou seja, a diferença entre o mínimo e máximo, é maior na do Baixo Jaguaribe, mostrando maior variação dos valores de IQA e possível presença de *outliers*.

Na sub-bacia do Baixo Jaguaribe, a mediana se encontra mais próxima ao 1º quartil, indicando dados assimétricos positivos. Na do Médio Jaguaribe, a mediana se encontra mais próxima ao 3º quartil, o que indica dados assimétricos negativos.

Gráfico 1– Boxplot da sub-bacia do Baixo Jaguaribe e Médio Jaguaribe



Fonte: Autora (2018).

5 CONCLUSÃO

As águas das sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe podem ser consideradas de qualidade boa, ou seja, podem ser usadas para o abastecimento público, após tratamento adequado. Todas as amostras coletadas estavam nesta faixa ou na superior. A sub-bacia do Médio Jaguaribe apresentou resultados ligeiramente melhores que os do Baixo Jaguaribe, possuindo menor variação de valores de IQA, ou seja, valores próximos as medidas de tendência central média e mediana. Os parâmetros mais correlacionados com o IQA foram o *E.coli* para uma das sub-bacias e Nitrato para a outra, o que significa que quando ocorre variação nesses parâmetros, o IQA da respectiva sub-bacia terá uma resposta mais provável, no mesmo sentido da variação do parâmetro (correlação positiva).

Com monitoramento e análise dos dados constante, as entidades competentes devem estar atentas aos pontos em que a qualidade esteja comprometida ou apresente tendência a redução de qualidade, de modo a reduzir o fator causador do problema e minimizar custos no tratamento da água.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. **Programa Nacional de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 22 maio 2018.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2013. 432 p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf>. Acesso em: 22 maio 2018.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, DF, 2005. 176 p. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/panorama_da_qualidade_das_aguas.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. **Resolução CONAMA nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 28 maio 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2018.
- BROWN, R. M.; MCCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A.; TOZER, R. G. A water quality index—Do we dare? **Water and Sewage Works**, Chicago, v. 117, n. 10, p. 339- 343, out. 1970.
- BROWN, R. M.; MCCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A.; LANDWEHR, J. M. **Validating the WQI**. In: National Meeting of the American Society of Civil Engineers. Washington, DC, 1973.
- CANTAI, C. M. M. de. **Índice de qualidade da água: um estudo comparado**. 2016. 46f. Dissertação (Mestrado em Matemática). Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2016.
- CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Baixo Jaguaribe**. Conselho de Altos Estudo e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Coordenação de Eudoro Walter de Santana, Fortaleza, 2009a. 104 p.
- CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Médio Jaguaribe**. Conselho de Altos Estudo e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Coordenação de Eudoro Walter de Santana, Fortaleza, 2009b, 102 p.
- CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PLANERH)**. Fortaleza, SRH. 2005.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2003**. São Paulo, 2004. 273 p. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice D: Índice de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2017. 32 p. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp->

content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf>. Acesso em: 24 maio 2018a.

DEININGER, R. A.; MACIUNAS, J. J. **Water quality index for public water supplies**. Report of a research study, University of Michigan, 1971.

DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle da Poluição Ambiental**. 1. ed. São Paulo: CETESB, 1992. 210 p.

FREIRE, F. G. C.; BATISTA, R.O.; SILVA, P. C. M. da; COSTA, S. C.; OLIVEIRA, A. de F. M. Indicadores de qualidade da água no Rio Jaguaribe em São João do Jaguaribe – CE, Brasil. **Revista Irriga (Brazilian Journal of Irrigation and Drainage)**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 700-707, 2013.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Funceme mapeia espelhos d'água no CE com mais detalhamento e precisão**. Fortaleza, 29 set. 2016. Disponível em <[http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/744-funceme-mapeia-espelhos-d'água-no-ce-com-mais-detalhamento-e-precisão](http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/744-funceme-mapeia-espelhos-d'agua-no-ce-com-mais-detalhamento-e-precisao)> Acesso em: 24 maio 2018.

GRUNITZKI, R.; FERRARI, J. C.; SILVA, A. C. da; ZAMBÃO, P. H.; NECKEL, E. V. P. Ferramenta WEB para determinação do Índice de Qualidade de água a partir da reestruturação das equações que descrevem as curvas dos indicadores de qualidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...**, Bento Gonçalves, 2013.

HORTON, R. K. An Index Number System for Rating Water Quality. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 37, n. 3, p. 300-305, 1965.

IBGE. **Brasil em síntese: Panorama dos municípios brasileiros**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>>. Acesso em: 31 maio 2018.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Mapas: Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/129x.htm>>. Acesso em: 02 maio 2018.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Números 2016**. Fortaleza, 2016, 228 p. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2016/completa/Ceara_em_Numeros_2016.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 235f. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LUMB, A.; SHARMA, T. C.; BIBEAULT, J-F. A review of genesis and evolution of water quality index (WQI) and some future directions. **Water Quality, Exposure and Health**, v. 3, n. 1, p. 11-24, 2011.

MARQUES, D. da M. **Consolidação e Homogeneização de Procedimentos para Monitoramento e Avaliação da Qualidade da Água**: procedimentos vigentes na FEMA/MT:

procedimentos básicos para monitoramento e avaliação da qualidade de água. Cuiabá: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2002. 68 p.

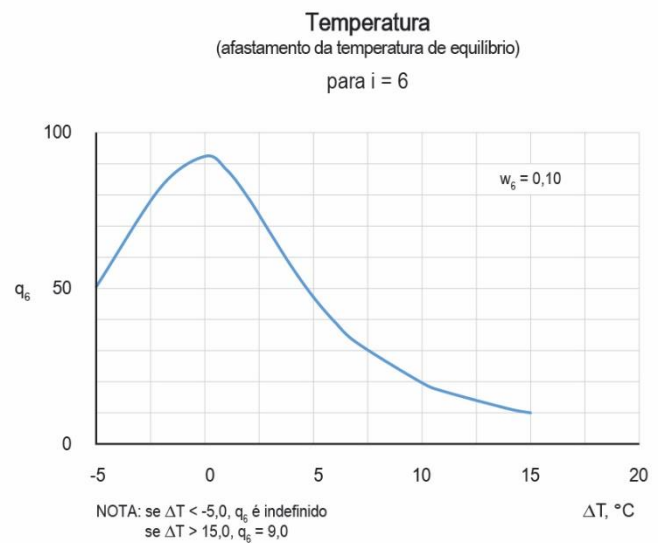
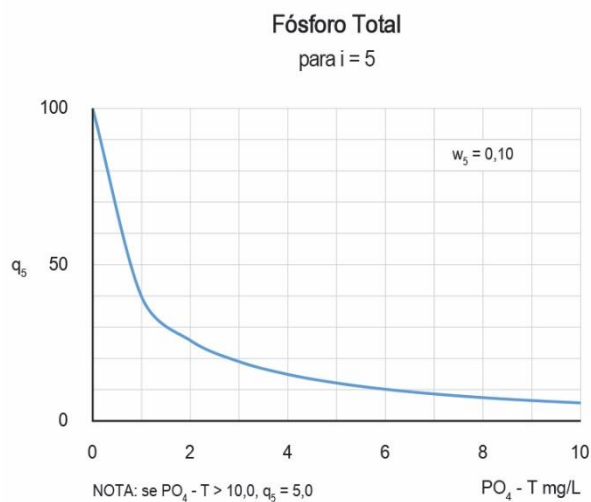
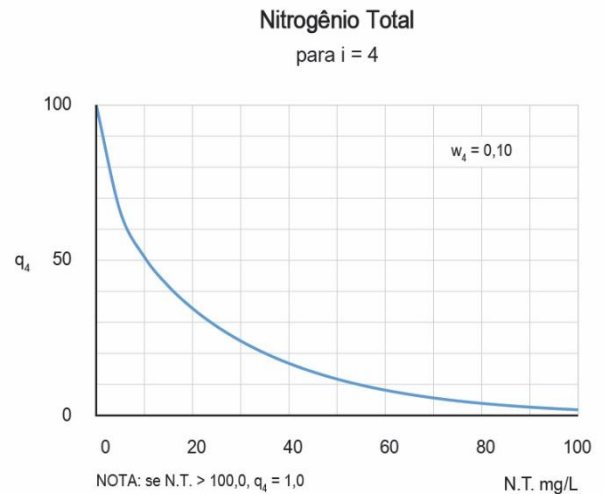
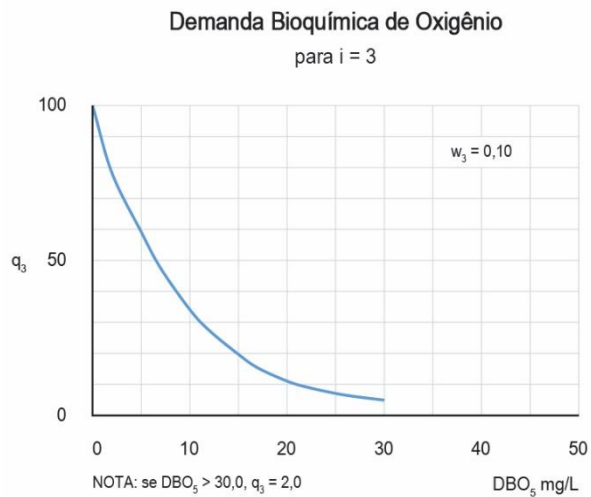
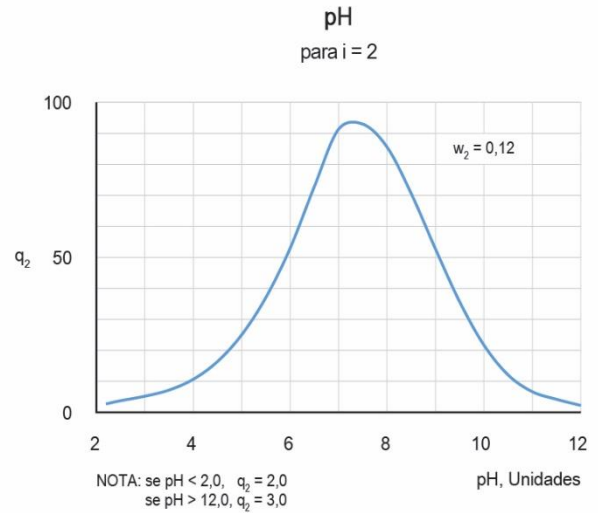
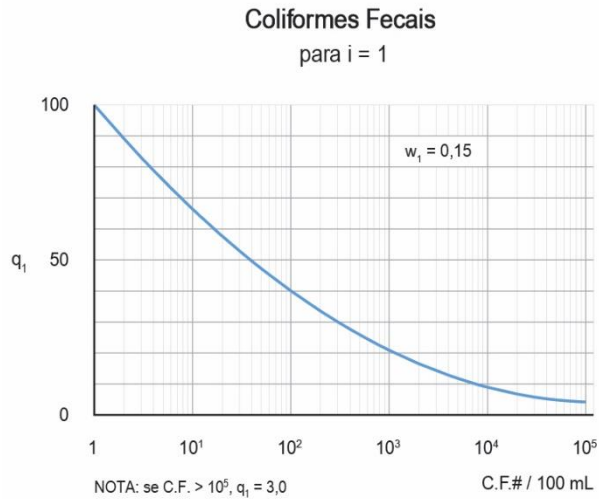
PEREIRA, R. F. Estudo do impacto da variação dos parâmetros no cálculo final do índice de qualidade da água (IQA) como critério de classificação dos corpos hídricos superficiais. 2015. 123f. Tese (Doutorado). DEHA, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

TOLEDO JR, A. P. Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. São Paulo: CETESB, 1990. 12 p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.

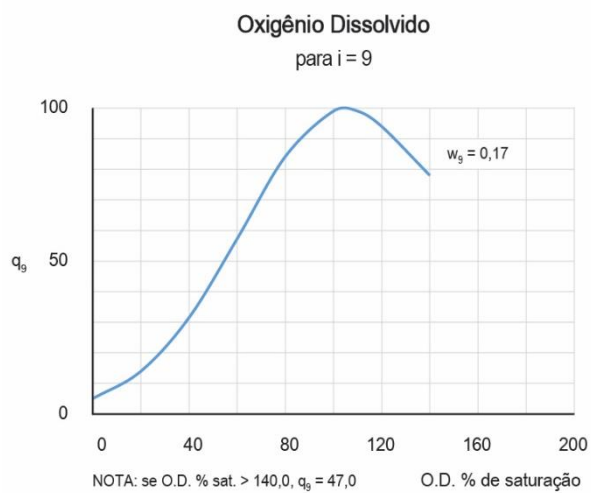
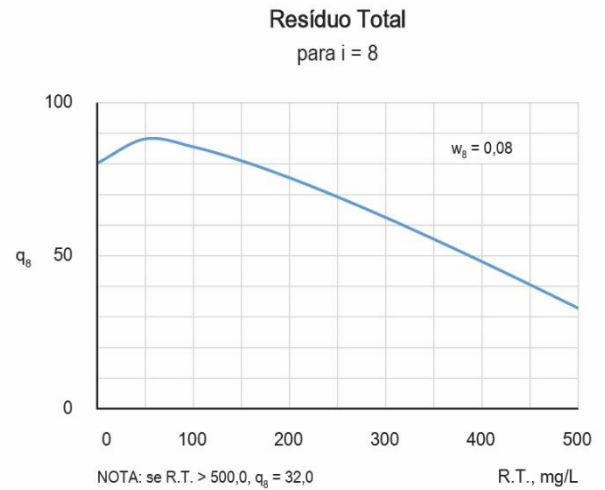
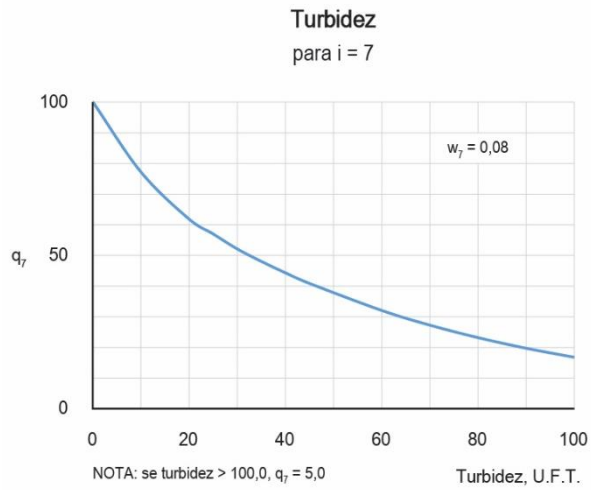
APÊNDICE A – CURVAS GERADAS A PARTIR DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS NESTE TRABALHO: CETESB E SCQA

(continua)



APÊNDICE A– CURVAS GERADAS A PARTIR DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS
NESTE TRABALHO: CETESB E SCQA

(conclusão)



Fonte: Autora (2018).

ANEXO A – DADOS DA SUB-BACIA DO BAIXO JAGUARIBE

(continua)

Local	E.coli	pH	DBO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	AMT	PT (P)	Temp	Turb.	RT	OD
	(NMP/ 100mL)	(unid)	(mg/L)	(mg N/L)			(mg P/L)	(°C)	(UNT)	(mg/L)	
Itaiçaba	1	8.10	4.3	0.40	0.010	1.60	1.58	31.30	8.00	22902	5.0
Itaiçaba	1100	8.10	4.1	0.70	0.010	0.49	0.62	32.40	42.00	1186	8.3
Aracati	40	7.50	3.9	0.50	0.150	1.30	0.66	28.60	3.60	62520	5.9
Cascavel	1	8.60	6.0	0.10	0.010	0.43	0.33	29.00	6.80	648	5.3
Jaguaruana	340	8.00	8.4	0.01	0.004	0.01	0.20	32.00	3.00	372	7.0
Itaiçaba	130	6.40	4.0	0.60	0.004	0.01	0.10	32.00	20.00	486	9.4
Itaiçaba	40	8.00	4.0	0.70	0.003	0.20	0.37	31.00	4.30	502	8.0
Aracati	1	6.20	4.0	0.80	0.050	0.40	0.70	31.00	3.00	47394	6.0
Russas	40	8.00	3.0	0.60	0.003	0.10	0.31	30.00	1.40	276	7.0
Limoeiro do Norte	9000	7.20	4.0	0.70	0.002	0.10	0.32	29.00	2.50	288	6.0
Tabuleiro do Norte	170	8.00	2.4	0.60	0.010	0.04	0.20	29.00	1.00	434	5.0
Itaiçaba	230	7.30	6.8	0.09	0.010	0.30	0.40	27.00	3.70	428	6.7
Aracati	1	7.80	7.4	0.20	0.001	0.40	1.04	31.20	8.52	824	7.0
Jaguaruana	80	7.40	6.3	0.30	0.004	0.30	0.40	30.70	7.00	272	7.6
Limoeiro do Norte	2400	7.30	1.6	0.60	0.001	0.30	0.50	31.50	10.00	220	7.5
Russas	230	7.10	2.1	0.60	0.010	0.40	0.60	33.70	10.00	314	7.4
Tabuleiro do Norte	20	7.90	1.7	0.08	0.001	0.40	0.40	31.90	1.60	235	8.0
Aracati	1	7.40	5.0	0.20	0.200	0.10	0.28	30.00	1.40	547	6.0
Tabuleiro do Norte	1	8.00	2.0	0.09	0.010	0.10	0.30	29.00	12.00	324	8.0
Jaguaruana	1	8.40	3.0	1.50	0.040	0.10	0.30	29.60	4.30	507	9.0
Itaiçaba	1	8.10	3.0	0.20	0.100	0.09	0.40	28.10	2.00	733	8.0
Itaiçaba	20	7.80	3.0	0.05	0.110	0.09	0.40	27.60	1.30	672	5.0
Russas	40	7.90	3.0	1.20	0.030	0.20	0.30	30.50	6.00	366	9.0
Limoeiro do Norte	170	7.60	3.0	0.10	0.002	0.20	0.50	29.00	1.50	329	7.0
Limoeiro do Norte _ J ETE	200	6.80	3.3	0.01	0.002	0.20	0.10	22.00	3.00	325	6.0
Russas	100	6.90	3.1	0.12	0.001	0.13	0.10	24.00	6.00	426	6.1
Jaguaruana	1	6.60	1.1	0.01	0.006	0.13	0.05	26.20	8.00	510	5.6
Itaiçaba	1	6.60	2.1	0.20	0.002	0.09	0.06	24.00	3.00	363	6.1
Itaiçaba	20	7.00	3.4	0.01	0.001	0.04	0.03	22.00	2.00	338	5.5
Tabuleiro do Norte	1	6.90	2.1	0.01	0.006	0.03	0.10	25.40	2.00	228	6.8
Limoeiro do Norte	230	7.93	2.4	0.10	0.004	0.23	0.40	32.40	2.16	368	8.8

ANEXO A – DADOS DA SUB-BACIA DO BAIXO JAGUARIBE

(conclusão)

Local	E.coli	pH	DBO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	AMT	PT (P)	Temp	Turb.	RT	OD
	(NMP/ 100mL)	(unid)	(mg/L)	(mg N/L)			(mg P/L)	(°C)	(UNT)	(mg/L)	
Tabuleiro do Norte	1	8.65	1.2	0.01	0.004	0.13	0.60	32.00	1.65	292	9.2
Aracati – Sob aponte do J	1	6.76	4.2	0.10	0.003	0.13	0.71	31.30	0.57	4650	6.4
Jaguaruana	20	8.20	5.4	0.20	0.004	0.27	0.77	21.60	1.15	407	7.0
Itaiçaba	1	7.84	3.0	0.20	0.004	0.06	0.65	29.30	0.71	382	6.1
Itaiçaba	40	7.20	4.8	0.20	0.004	0.18	0.40	27.00	0.25	398	2.0
Jaguaruana	1	8.88	1.8	5.00	0.138	0.30	0.74	31.90	7.10	330	10.5
Russas	130	7.90	2.4	5.00	0.001	0.30	0.70	30.50	16.10	540	7.8
Quixeré Sede	1	9.10	1.2	4.00	0.021	0.24	0.40	30.20	7.50	208	12.0
Quixeré Lagoa do Boi	1	8.00	1.8	4.00	0.003	0.17	0.46	29.00	2.21	214	6.4

Fonte: SEMACE.

ANEXO B – DADOS DA SUB-BACIA DO MÉDIO JAGUARIBE

Local	E.coli	pH	DBO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	AMT	PT (P)	Temp	Turb.	RT	OD
	(NMP/ 100mL)	(unid)	(mg/L)	(mg N/L)			(mg P/L)	(°C)	(UNT)	(mg/L)	
Jaguaribe	20	8.10	1.8	0.30	0.017	0.09	0.55	30.50	4.90	212	7.3
Icó	500	7.89	1.2	0.60	0.014	0.14	0.78	29.50	19.70	332	7.2
Jaguaretama	1	7.99	5.1	0.10	0.005	0.18	0.24	33.70	3.17	572	10.8
Tab. do Norte	800	8.20	1.3	0.80	0.010	0.20	0.24	31.50	1.00	270	8.2
Quixeré Sede	1700	8.10	1.8	0.60	0.003	0.20	0.24	29.80	2.30	332	7.2
Jaguaribe	1	9.00	4.0	0.80	0.004	0.03	0.30	31.00	2.40	226	12.0
Nova Jaguaribara	300	7.50	4.0	0.90	0.050	0.20	0.50	28.00	1.70	224	6.7
Icó	20	9.20	4.0	0.50	0.002	0.10	0.30	30.00	3.20	206	12.5
Icó - Cruzeirinho	1	7.60	1.8	0.60	0.020	0.20	0.40	29.00	17.00	219	7.4
Nova Jaguaribara - J Castanhão	20	7.90	1.8	0.01	0.002	0.10	0.30	27.00	1.30	246	8.0
Jaguaretama - Riac do Sangue	40	7.30	3.4	0.20	0.004	0.80	0.20	33.00	3.50	592	7.5
Icó - Cruzeirinho	1	7.50	1.7	0.80	0.003	0.40	0.50	31.00	27.00	221	6.9
Nova Jaguaribara - J Castanhão	20	7.70	1.7	0.10	0.040	0.20	0.40	26.00	1.40	191	8.3
Nova Jaguaribara - J Castanhão	20	8.20	2.0	0.01	0.003	0.10	0.20	28.70	1.30	302	8.0
Jaguaretama - Riac do Sangue	110	7.60	4.7	0.60	0.500	0.22	0.60	31.00	2.20	432	5.3
Icó - Cruzeirinho SALG+JAG	130	7.70	2.0	0.30	0.010	0.10	0.30	28.00	7.00	217	8.0
Jaguaribe SAE	20	7.90	2.0	0.40	0.013	0.44	0.50	31.00	9.00	208	7.2
Jaguaribe SAE	20	7.40	2.0	0.30	0.010	0.20	0.20	28.00	4.00	234	7.0
Nova Jaguaribara - J Castanhão	20	6.90	4.1	0.02	0.003	0.09	0.02	26.00	12.00	563	6.5
Icó - Cruzeirinho SALG+JAG	40	6.60	3.7	0.01	0.010	0.12	0.03	26.00	10.00	286	7.2
Jaguaribe SAE	20	6.80	2.4	0.01	0.001	0.13	0.03	24.00	3.00	423	6.9
Nova Jaguaribara	1	7.93	0.6	0.20	0.007	0.21	0.37	28.00	2.60	320	8.2
Icó Cruzeirinho	260	7.24	2.5	0.30	0.012	0.13	0.40	27.70	14.80	309	7.5
Nova Jaguaribara - J Castanhão ponte	20	7.80	0.7	0.10	0.006	0.18	0.31	27.00	2.40	315	7.9
Jaguaribe	20	7.45	2.1	0.10	0.009	0.11	0.30	27.20	3.95	317	7.1
Jaguaretama	90	7.94	7.1	0.50	0.002	0.14	0.10	30.90	3.58	480	7.1
Nova Jaguaribara	20	8.50	2.4	0.50	0.001	0.12	0.04	30.40	0.20	152	8.7
Icó Cruzeirinho	20	8.10	1.8	0.12	0.003	0.10	0.20	29.20	0.20	284	8.0
Jaguaribe	2800	9.20	1.2	0.60	0.003	0.13	0.20	31.60	2.40	233	6.5
Nova Jaguaribara - J Castanhão ponte	20	9.10	3.0	2.10	0.083	0.20	0.33	31.40	1.60	211	11.0
Icó Cruzeirinho	130	8.80	1.2	0.50	0.010	0.10	0.40	29.30	1.30	272	8.8

Fonte: SEMACE.