



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE (PRODEMA)
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)
SUBPROGRAMA PRODEMA/PRPG/UFPI**

WANESKA MARIA DE VASCONCELOS MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
LONGÁ, ESTADO DO PIAUÍ/BRASIL**

**TERESINA
2016**

WANESKA MARIA DE VASCONCELOS MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO LONGÁ, ESTADO DO
PIAUÍ/BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN) como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva.
Co-orientadora: Profª. Dra. Ruceline Paiva Lins

TERESINA
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

M488a Medeiros, Waneska Maria de Vasconcelos.
Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do
Rio Longá, estado do Piauí/Brasil / Waneska Maria de
Vasconcelos Medeiros. – 2016.
83 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio
Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.
“Orientador: Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva”.
“Co-orientadora: Profa. Dra. Ruceline Paiva Lins”.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Monitoramento Ambiental.
3. Qualidade da Água. 4. Rio Longá. I. Título.

CDD 551.4

WANESKA MARIA DE VASCONCELOS MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO LONGÁ, ESTADO DO PIAUÍ/BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN) como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 20 de dezembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva
Universidade Federal do Piauí-UFPI

Profª. Dra. Maria Gardênia Sousa Batista
Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Prof. Dr. José de Ribamar Sousa Rocha
Universidade Federal do Piauí-UFPI

DEDICO

*Ao meu esposo Jand-Venes, pelo amor e
companheirismo e aos meus filhos João
Lucas e Maria Clara, razões do meu viver!
Se não tivesse amor, nada seria!*

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível porque contei com a ajuda, amizade e apoio de muitas pessoas e órgãos a quem gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos.

À UFPI, ao Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento e seu corpo docente, que contribuíram para a minha formação.

Ao meu orientador, **Professor Dr. Carlos Ernando da Silva**, pela sua competência e atenção nas revisões e sugestões, fatores fundamentais para a conclusão deste trabalho.

À minha co-orientadora e amiga, **Professora Dra. Ruceline Paiva Lins**, pelo seu apoio profissional e pessoal. Sou grata às suas recomendações sempre de grande valor e a cordialidade com que sempre me recebeu. Como amiga, é o que todos desejamos, está sempre ao nosso lado sem precisarmos de pedir o que quer que seja.

À Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR), por ter possibilitado conciliar as minhas funções de Auditora Fiscal Ambiental às atividades do mestrado.

Aos colegas do Laboratório de Saneamento Ambiental, pelo apoio nas análises, em especial ao **Rafael**, pela sua contribuição no desenvolvimento deste trabalho e na ajuda com os testes estatísticos.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Aquática, em especial à **Bianca, Bruno, Carlos Antônio, Fabrício, Giovanna e Klécio**, pelo apoio dado nas coletas das amostras, etapa árdua da pesquisa, mas com vocês sempre eram momentos alegres.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPI, pelos momentos que dividimos juntos, compartilhando as angústias e as alegrias no decorrer do curso. Foi bom poder contar com vocês!

Aos meus pais, **Vasco e Doralice**, pela sólida formação dada até à minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até à chegada a este mestrado e ao meu irmão **Wesley**, pelo amor e apoio incondicional.

Aos meus grandes amigos que sempre me incentivaram e me proporcionaram momentos de lazer, imprescindíveis ao bom andamento deste estudo.

Muito obrigada!

O rio vai descendo a serra
Vai molhando a terra seca do sertão
Vai formando uma corrente
Feita uma serpente solta pelo chão
E a água do seu leite
É leite no peito da mãe plantação
Que vai eliminar a fome
E matar a sede de toda nação

O rio vai criando filhos
Vai regando o milho, arroz, feijão
Vai seguindo o seu caminho
Segue seu destino, sua direção
Depois que vem a colheita
O rio sempre aceita dos canaviais
O bagaço do alimento
E a sobra de tudo que ninguém quer mais

Rio que não tem carinho
Qualquer dia desses vão te dar valor
Nasce limpo e morre sujo
Envenenam tudo, até o próprio amor
Será que eles não percebem que natureza pede
para viver
Enquanto vai morrendo o rio
Nada em sua volta poderá nascer

(César Augusto/Mário Marcos)

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá no Estado do Piauí, Brasil. Foram estabelecidos sete pontos de monitoramento (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) considerando a proximidade de estações meteorológicas existentes e a acessibilidade, contemplando áreas urbanas e rurais da bacia. O monitoramento foi realizado mensalmente através de coleta simples na porção central do corpo hídrico no período de janeiro a dezembro de 2015. As variáveis de qualidade da água analisadas consistiram em Temperatura, pH, Turbidez, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais, Fósforo Total, Nitrato, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e *Escherichia coli* (*E. coli*) e foram interpretados frente aos padrões estabelecidos para rios classe 2, conforme a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e por meio do Índice de Qualidade da Água - IQA. Os dados foram avaliados utilizando-se análises multivariadas através da técnica de agrupamento e análise de componentes principais - ACP. Durante o período monitorado a não conformidade aos requisitos para rios classe 2 foi observado no período chuvoso, especialmente nas áreas urbanas, devido à poluição difusa. A técnica de agrupamento confirmou a tendência espacial dos resultados, apresentando dois grupos distintos, rural e urbano. O IQA demonstrou que a qualidade da água da bacia foi ÓTIMA – BOA e decrescente no período chuvoso, devido à poluição difusa. A ACP identificou quatro componentes principais que explicaram uma variação de 58,64% nos dados de qualidade da água, associadas principalmente as variáveis DBO, Condutividade Elétrica e Turbidez. Os resultados encontrados constituem-se uma base de dados importante para a bacia hidrográfica do rio Longá, considerando a inexistência de programas de monitoramento de qualidade da água no Piauí. As informações poderão subsidiar a tomada de decisão dando suporte aos órgãos públicos na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas. Monitoramento ambiental. Qualidade da água.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of surface waters in the Longá river watershed in the State of Piauí, Brazil. Seven monitoring points have been established (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) considering the proximity of existing meteorological stations and accessibility, including urban and rural areas of the watershed. The monitoring was conducted monthly through simple collection in the central portion of the water body within the period from January to December 2015. Water quality variables analyzed were temperature, pH, turbidity, electrical conductivity, total solids, total phosphorus, nitrate, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD) and *Escherichia coli* (*E. coli*). These data were contrasted with the established standards for class 2 rivers, according to resolution nº 357/2005 National Environmental Council (CONAMA) and were also used to analyze water quality Index - WQI. The data were evaluated using multivariate analysis through clustering and principal component analysis-PCA. During the monitored period the non-conformity to the requirements for class 2 rivers was observed during the rainy season, especially in urban areas, due to the diffuse pollution. The clusters confirmed the spatial trend of results, showing two distinct groups, rural and urban. The WQI showed that water quality in the watershed was GREAT – GOOD and descending in the rainy season, due to the diffuse pollution. PCA has identified four main components that explained a 58.64% variation in water quality data, associated with mainly the DBO, electric conductivity and turbidity. The results constitute an important basis for the Longa River watershed, considering the absence of programs of water quality monitoring in Piauí. The information may be used to help the decision-making process, supporting public bodies on management of hydric resources.

Keywords: Environmental monitoring. Water quality. Watershed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pontos de monitoramento da qualidade da água dos Órgãos Estaduais.	33
Figura 2 - Quadro demonstrativo da classificação da qualidade da água segundo IQA.....	35
Figura 3 - Bacias hidrográficas do rio Parnaíba no Estado do Piauí.	37
Figura 4 - Precipitação média mensal (2015) e precipitação média mensal (2005-2010). Estação meteorológica de Esperantina-PI.	39
Figura 5 - Imagem do rio Longá, no município de Barras.....	42
Figura 6 - Imagem do rio Maratoã, no município de Barras.....	42
Figura 7 - Imagem do rio Longá, no município de Esperantina.....	43
Figura 8 - Imagem do rio dos Matos, no município de Batalha.....	44
Figura 9 - Imagem do rio Piracuruca, no município de Piracuruca.....	44
Figura 10 - Imagem do rio Longá, no município de São José do Divino.....	45
Figura 11 - Imagem do rio Longá, no município de Buriti dos Lopes.....	45
Figura 12 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Longá, locais de amostragem da água e estações meteorológicas.....	46
Figura 13 - Valores mensais da precipitação pluviométrica obtidos das estações meteorológicas inseridas na bacia hidrográfica do rio Longá, no período entre janeiro e dezembro de 2015.	51
Figura 14 - Distribuição sazonal das variáveis DBO (A), E. coli (B), turbidez (C), pH (D), condutividade (E), nitrato (F), temperatura (G), sólidos totais (H), OD (I) e Fósforo total (J), no período seco e chuvoso (2015).....	54
Figura 15 - Distribuição espacial das variáveis DBO (A), E. coli (B), turbidez (C), pH (D), condutividade (E), nitrato (F), temperatura (G), sólidos totais (H), OD (I) e Fósforo total (J), no período de janeiro a dezembro de 2015.....	55
Figura 16 - Frequência nas categorias do IQA _(CETESB) da bacia hidrográfica do rio Longá. ...	60

Figura 17 - Dendrograma do agrupamento das seções monitoradas (A) e das variáveis analisadas (B)..... 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e pesos relativos propostos ao IQA.	34
Tabela 2 - Municípios com sede inseridas na bacia hidrográfica do rio Longá.	38
Tabela 3 - Pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Longá.	47
Tabela 4 - Metodologia da determinação das variáveis de qualidade da água.	48
Tabela 5 - Matriz de correlação das variáveis de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Longá.	57
Tabela 6 - Distribuição do IQA segundo a média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%).	60
Tabela 7 - Cargas fatoriais com rotação das variáveis para os CP encontrados.	62

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	13
2.0 OBJETIVOS	15
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos.....	15
3.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Gerenciamento e gestão dos recursos hídricos	17
3.2 Qualidade da água.....	19
3.3 Variáveis de qualidade da água	22
3.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH).....	22
3.3.2 Turbidez.....	23
3.3.3 Condutividade elétrica.....	24
3.3.4 Fósforo total.....	25
3.3.5 Nitrato.....	26
3.3.6 Sólidos totais	27
3.3.7 Oxigênio dissolvido (OD)	28
3.3.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	29
3.3.9 Coliformes termotolerantes	29
3.4 Índices de qualidade de água	30
4.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.1 Caracterização da área de estudo	37
4.2 Estratégias de amostragem e metodologias analíticas	46
4.3 Análise estatística.....	48
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1 Análise da qualidade da água da bacia.....	51
5.2 Índice de Qualidade da Água - IQA.....	59
5.3 Análises estatísticas multivariada	61

6.0 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A - Resultados das análises de água por ponto de coleta.....	75
ANEXO A - Decreto Estadual de criação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Canindé e Piauí.	79
ANEXO B - Decreto Estadual de criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Gurgueia.	82

1.0 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a qualidade da água dos rios, lagos e reservatórios têm passado por alterações que comprometem diretamente a manutenção dos usos múltiplos dos recursos hídricos, assegurados por força da lei (ARRUDA; RIZZI; MIRANDA, 2015). Nos ecossistemas aquáticos, a heterogeneidade da qualidade da água pode ser influenciada principalmente pela contribuição natural da bacia hidrográfica (conhecidas como *background*, concentrações naturais afetadas pelas características geológicas e pedológicas do local) e pela magnitude dos impactos antrópicos como o consumo de água, lançamento de efluentes domésticos e industriais, escoamento superficial de áreas urbanas e rurais. Do ponto de vista temporal as oscilações de qualidade da água podem refletir as formas de uso e ocupação do solo (KALSCHUR et al., 2012; CUNHA et al., 2013).

Diversos estudos apontam que a agricultura e outras atividades agropecuárias, como uma atividade de alto potencial degradador, sendo responsáveis pela elevação da concentração de nutrientes nas águas superficiais, como por exemplo, fósforo e nitrogênio, bem como o uso e o manejo do solo em áreas agrícolas acarretam alterações na qualidade da água (MENEZES et al., 2016). Em áreas urbanas e industrializadas é comum a poluição orgânica associada ao uso e ocupação do solo (DAMASCENO et al., 2015). Segundo Pompêo et al. (2011), a maioria dos rios nas cidades brasileiras estão substancialmente degradados, uma vez que o crescimento urbano não é acompanhado de serviços de saneamento básico. Sendo assim, as características físicas, químicas e biológica de um curso d'água reflete tanto a configuração geológica quanto os insumos da bacia hidrográfica circundante (VOZA et al., 2015).

Dessa forma, o monitoramento das variáveis de qualidade da água pode ser considerado como um dos pré-requisitos para o sucesso de qualquer sistema de gestão das águas, já que possibilita a obtenção de informações necessárias, a atualização dos bancos de dados, o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (CARVALHO et al., 2015).

Uma base sólida de dados e informações socialmente acessíveis são instrumentos importantes para que ocorra uma gestão sustentável dos recursos hídricos. Com o intuito de caracterizar e monitorar a qualidade dos recursos hídricos na escala de bacias hidrográficas, foram desenvolvidos ao longo do tempo inúmeros Índices de Qualidade da Água (IQA) os quais permitem uma comparação entre diferentes cursos hídricos ou entre diferentes pontos de um mesmo curso. Tais índices atuam como integradores das características físico-químicas e

biológicas da água, resumindo várias informações em um único resultado numérico, fornecendo indicativos das disfunções do ecossistema e contribuindo para tomadas de decisões mais eficazes no manejo de bacias.

No Brasil a Agência Nacional de Águas - ANA é a responsável pela coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da Rede Hidrometeorológica Nacional, composta de 4.633 estações pluviométricas e fluviométricas, onde se monitoram o nível e a vazão dos rios, a quantidade de sedimentos e a qualidade das águas. Tal rede monitora 2.176 dos 12.978 rios cadastrados no Sistema de Informações Hidrológicas da ANA (ANA, 2016).

No entanto, na região Nordeste do Brasil, são poucas as séries históricas de informações disponíveis quanto às vazões nos cursos de água e praticamente inexistentes aquelas relativas à qualidade da água. No Estado do Piauí, particularmente, o problema enfrentado consiste na insuficiência de dados de qualidade de água superficiais das bacias hidrográficas (PIAÚÍ, 2010). Entre as bacias hidrográficas do Estado do Piauí, a do rio Longá chama a atenção por estar em uma região de importância social, econômica e ambiental. Localizada na região norte do Estado, em uma área de transição dos biomas Caatinga e Cerrado, tem como principais usos do solo o extrativismo vegetal (carnaúba e babaçu), a pecuária de subsistência e a agricultura (MMA, 2002; ARAÚJO; SOUSA, 2009; PIAÚÍ, 2010).

Tendo em vista que os usos múltiplos da água e as atividades antrópicas realizadas em uma bacia hidrográfica causam alterações na qualidade dos recursos hídricos e a pouca informação sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Longá, as questões que nortearam este estudo foram: como se encontra a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Longá, considerando a sua variação sazonal e espacial? Esse corpo hídrico está de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005? Nesse contexto, o presente estudo buscou realizar um diagnóstico da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Longá para comparar os resultados obtidos com os índices estabelecidos pela legislação ambiental e também determinar o Índice de Qualidade da Água. Tal estudo visa contribuir com a gestão dos recursos hídricos dessa região.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar temporal e espacialmente a qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Longá por meio de variáveis físicas, químicas e biológicas.

2.2 Específicos

- Identificar mudanças espaço-temporais das variáveis de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Longá, no período entre janeiro a dezembro de 2015;
- Interpretar a qualidade da água frente aos requisitos de enquadramento dos corpos hídricos do Brasil;
- Expressar a qualidade da água através do Índice de Qualidade das Águas (IQA).

3.0 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gerenciamento e gestão dos recursos hídricos

O desequilíbrio entre a demanda e a oferta dos recursos hídricos tem ocasionado diversos problemas socioambientais. A crescente demanda por alimentos e produtos industrializados, a urbanização desordenada, criando grandes metrópoles com problemas ambientais, como por exemplo, saneamento básico, enchentes, etc. e outras atividades humanas, tais como desmatamento, o assoreamento dos cursos d'águas, despejos urbanos e industriais, poluição decorrentes da exploração agrícola, representam fatores que contribuem para o agravamento desse quadro, conduzindo para uma gestão de recursos hídricos que se utilizem de técnicas que minimizem estes impactos ambientais.

Para enfrentar estes desafios os modelos de gerenciamento de recursos hídricos vêm evoluindo no sentido de promover uma maior articulação entre os atores afetos ao tema e de promover a gestão de água de forma descentralizada, integrada e não-setorizada. Segundo Lanna (1997), é possível distinguir três fases distintas na evolução do modelo de gerenciamento dos recursos hídricos que são: o modelo burocrático; o modelo econômico-financeiro e o modelo sistêmico de integração-participativa.

No Brasil, o modelo burocrático foi estabelecido tanto pelo Código Civil de 1916 quanto o Código de Águas (Decreto nº 24. 643, de 10 de julho de 1934) onde trataram da água como uma coisa que se possui, elaborando a divisão das águas, usando expressões hoje consideradas equivocadas para sua classificação como “águas públicas”, “águas comuns” e “águas particulares” (XAVIER; BEZERRA, 2005).

O modelo econômico-financeiro foi caracterizado pelo emprego de instrumentos econômicos e financeiros pelo poder público para a promoção do desenvolvimento. O papel da água como insumo econômico se deu em detrimento do seu valor e função ambiental. Exemplos de instituições fortes criadas sob vigência desse modelo de gerenciamento são entidades tais como a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) que tem como objetivo principal o desenvolvimento da irrigação, e a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) cujo objetivo é a geração de energia elétrica (REIS, 2005).

O modelo sistêmico de integração participativa é o modelo atualmente em vigência no Brasil e nos Estados da Federação onde consideram a visão sistêmica e integrada dos elementos que compõe o meio ambiente; a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e

o processo participativo e descentralizado, como a forma mais adequada de tomada de decisão na administração da água (PEIXINHO, 2010).

A Constituição Federal de 1988 foi o marco da mudança de mentalidade sendo o primeiro regimento jurídico a assinalar uma proteção ampla e integrada do meio ambiente, acabando com o aspecto privativo do meio ambiente, afirmando ser ele um bem de uso comum. No seu art. 225, situou em termos jurídicos a responsabilidade de cada um pelos elementos formadores de meio ambiente, bem de todos, na sua preservação para as gerações presentes e futuras (BRASIL, 1988).

Seguindo os passos desse modelo de gerenciamento, foi promulgada no dia 8 de janeiro de 1997, a Lei das Águas (Lei Federal nº 9.433), onde instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), dirimindo qualquer dúvida sobre a extinção dos conceitos de "águas comuns", "águas municipais" e "águas particulares", anteriormente previstos no Código de Águas (SILVA, 2012).

A PNRH representa um marco institucional no país, incorporando princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como região natural de abrangência. A água é definida como um bem para consumo humano, de uso múltiplo e de domínio público, além de ser um recurso natural limitado e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Para Castro e Ferreirinha (2012), os Comitês de Bacias Hidrográficas e as Agências de Bacia são os organismos de gestão dentro da PNRH, onde os primeiros são como um "parlamento" ou esfera de mediação de conflitos, sendo compostos por representantes das esferas de administração pública do nível federal, estadual e municipal, usuários de água e representantes da sociedade civil e as Agências são órgãos técnicos executivos, ambos vinculados a uma unidade espacial que é a bacia hidrográfica.

Peixinho (2010) reconhece o pioneirismo da Bacia da Paraíba do Sul, no que se refere em gestão dos recursos hídricos no Brasil. A gestão compartilhada no âmbito do Comitê e das Câmaras Técnicas constituídas exercitou-se uma atuação harmônica entre o poder público, os usuários e a sociedade civil organizada, compartilhando o poder de decisão e a definição de metas e estratégias entre os diferentes agentes.

Carvalho (2014) observa que a Lei das Águas, mesmo centralizada no recurso natural água, já considera a necessidade de gestão de outros componentes naturais da bacia hidrográfica e a integração entre gestão dos recursos hídricos e gestão ambiental. O art. 3º apresenta diretrizes gerais de ação para a implementação da PNRH, entre as quais: a integração da gestão

de recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

A PNRH tem como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Dentre as diretrizes de ação para implementação dessa política, a lei estabelece que a gestão sistemática dos recursos hídricos não deve dissociar os aspectos de quantidade dos de qualidade (art. 30, cap. III, tit. I). A referida lei também estabeleceu como instrumentos: os planos de recursos hídricos; a outorga de direito de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos e o enquadramento dos corpos d'águas em classes de uso (BRASIL, 1997).

No entanto, Silva (2012) observa que os maiores obstáculos à efetivação da PNRH dizem respeito à cobrança pelo uso dos recursos hídricos e à criação dos Comitês de Bacia Hidrográfica e das Agências de Água.

O planejamento na gestão das águas define as melhores alternativas de utilização dos recursos hídricos e orienta a tomada de decisão, de modo a produzir os melhores resultados econômicos, sociais e ambientais. Os Planos de Recursos Hídricos têm como objetivo principal fundamentar e nortear a implementação das Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos mesmos, a curto, médio e longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, devendo ser acompanhados de revisões periódicas (XAVIER; BEZERRA, 2005).

No Estado do Piauí, o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Piauí (PERH-PI) publicado em setembro de 2010 é um instrumento de gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos, previsto na Lei 5.165, de 17 de agosto de 2000, cujo objetivo é fornecer as bases técnicas necessárias para permitir o desenvolvimento sustentável do Estado do Piauí com relação ao uso das águas superficiais e subterrâneas, compatibilizando as disponibilidades hídricas com as demandas de água para todos os tipos de uso. Considerando a bacia hidrográfica como a melhor unidade de gestão dos recursos hídricos, o Estado do Piauí foi dividido em 12 bacias hidrográficas. Após 16 anos da elaboração do PERH-PI, há criado dois comitês de bacias, o Canindé-Piauí por meio do Decreto Estadual nº 13.585 de 2009 e Gurguéia através do Decreto Estadual nº 15.562 de 2014 (Anexo A). Nenhuma bacia hidrográfica foi submetida ao processo de enquadramento de classificação dos seus rios.

3.2 Qualidade da água

A qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo em uma bacia hidrográfica. A importância do monitoramento das variáveis físicas, químicas e biológicas de qualidade da água em uma bacia está no fato de que, a partir das informações obtidas, pode-se inferir sobre a condição ambiental da bacia hidrográfica como um todo (BERTOSSO et al., 2013).

O conhecimento acerca das condições dos corpos hídricos permite auxiliar na definição de usos pretendidos, avaliar sua qualidade e indicar quais atividades humanas causam ou podem causar sua degradação. O comportamento da qualidade da água reflete as condições ambientais de uma bacia hidrográfica e deste modo, conhecer as características de qualidade da água amplia o conhecimento ecológico do ecossistema e possibilita detectar alterações provenientes da atividade humana. (HADDAD; MAGALHÃES JÚNIOR, 2010; SOUZA; GASTALDINI, 2014).

Cunha et al. (2013) ressaltam a importância da avaliação espacial e temporal em quaisquer estudos ambientais. Nos ecossistemas aquáticos, a heterogeneidade da qualidade da água pode ser influenciada por dois fatores principais: a contribuição natural da bacia hidrográfica (conhecidas como *background*, concentrações naturais afetadas pelas características geológicas e pedológicas do local) e a magnitude dos impactos antrópicos (consumo de água, lançamento de efluentes domésticos e industriais, escoamento superficial de áreas urbanas e rurais). Do ponto de vista temporal as oscilações de qualidade da água podem refletir as formas de uso e ocupação do solo.

Para cada uso da água são exigidos limites máximos de impurezas que a mesma pode conter. Tais limites, quando estabelecidos por órgãos oficiais, são chamados de Padrões de Qualidade. Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, os padrões de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (água para fins de recreação de contato primário), os quais, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinada ao uso industrial (CETESB, 2015).

O enquadramento dos corpos de água representa o estabelecimento da meta de qualidade da água a ser alcançada, ou mantida, em um segmento de corpo d'água, de acordo com os usos pretendidos. A classificação brasileira de águas de superfície de acordo com a qualidade necessária para os seus usos preponderantes é baseada na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 alterada pelas Resoluções nº 410 de 2009 e nº 430 de 2011. Para cada um dos usos e classes de qualidade são estabelecidas condições de qualidade por meio de variáveis descritivas, tais como materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que causem gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos projetáveis. Também são utilizadas

variáveis quantitativas, tais como coliformes termotolerantes, DBO, OD, turbidez, pH, substâncias orgânicas, teor de clorofila, entre outras, onde existem faixas de concentração permitidas. Sendo definido como padrão de qualidade o limite máximo permissível das variáveis de qualidade da água para cada classe (BRASIL, 2005).

Para os corpos hídricos que não foram submetidos a um processo de enquadramento de classificação, ficou estabelecida como meta a ser alcançada ou mantida a Classe 2 conforme art. 42 da Resolução CONAMA nº 357 que dita: "*Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente*". A classe 2 refere-se às águas destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, a irrigação de hortaliças e fruteiras, entre outros usos do contato direto com o público (BRASIL, 2005).

Desde o início de sua vigência a Resolução CONAMA nº357/2005 tem sido analisada tecnicamente pela comunidade científica, se tornando referência para pesquisas acadêmicas, onde promovem uma comparação entre os resultados obtidos em determinado ambiente e os respectivos limites associados ao seu enquadramento (CUNHA et al., 2013).

De acordo com os estudos da ANA, 80% dos rios brasileiros estão em boas condições, mas quase a metade deles, concentrada em áreas urbanas, tem qualidade ruim ou muito ruim (ANA, 2012).

O monitoramento da qualidade da água por meio de parâmetros microbiológicos do rio principal e seus afluentes em um divisor de águas permite obter informações importantes para a gestão de bacias hidrográficas, com o diagnóstico atual e previsão do futuro (CARVALHO et al., 2015).

Andrietti et al. (2016) ressaltam a importância dos dados de monitoramento da qualidade da água para os gestores e os tomadores de decisão do setor da água, pois querem saber sobre o estado de seus corpos hídricos. Nas últimas décadas tem-se observado um crescente aumento de estudos quanto ao monitoramento da qualidade da água, como visto nos trabalhos realizados por Andrietti et al. (2016) na bacia hidrográfica do rio Caiabi (MT), Veríssimo e Ferreira (2013) no baixo curso do rio São João; Haddad e Magalhães Júnior (2010) estudando a influência antrópica na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio São Miguel (MG).

No Brasil, a ANA realiza o monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos d'água doce, como rios e reservatórios, através dos 1.340 pontos, nos quais são feitas análises de 4 parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura

da água), durante as campanhas de medição de vazão. Tais parâmetros, não permite uma avaliação adequada da evolução da qualidade da água, sendo necessários outros parâmetros que requerem coletas de amostras e análises laboratoriais. Atualmente existem 2.400 pontos de monitoramento de qualidade de água, em nível Estadual, representando uma densidade de 0,26 ponto/1.000 km² para o país, valores bem abaixo quando comparados com outros países como Espanha (2,55 pontos/1.000 km²), França (1,96 ponto/1.000 km²), Canadá (0,8 ponto/1.000 km²) (ANA, 2016).

No Estado do Piauí estão instaladas 38 estações de monitoramento pluviométricas e fluviométricas, sendo seis inseridas na bacia hidrográfica do rio Longá, quatro operadas pela CPRM/ANA e duas pelo INMET. Não há rede de monitoramento quantitativo e qualitativo no referido Estado.

3.3 Variáveis de qualidade da água

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais decorrem de uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência das capacidades de dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2005).

Conforme Gonçalves et al. (2012), as análises destas características fornecem informações importantes para a caracterização espacial e temporal desses ambientes nas bacias hidrográficas. A análise e a interpretação de variáveis de qualidade da água monitoradas ao longo do tempo e espaço vêm refletir as condições de uso do solo e as atividades antropogênicas desenvolvidas em uma bacia.

A seguir serão descritas as variáveis consideradas mais representativas para a caracterização da qualidade das águas, além de compor o Índice de qualidade da Água - IQA utilizado neste trabalho.

3.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de variação do pH é de 0 a 14 e seus valores podem variar em função das condições naturais devido a dissolução de rochas,

absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese ou devido às ações antrópicas através dos despejos de efluentes domésticos e indústrias (VON SPERLING, 2005).

A influência do pH nos ecossistemas aquáticos naturais se deve a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Valores de pH oscilando entre 6 a 9 é uma faixa considerada compatível para a maioria dos organismos. Medições de pH acima ou abaixo destes limites são prejudiciais ou letais para a maioria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes (ESTEVES, 2011).

É comum nas águas amazônicas mensurar um pH mais baixo, especialmente para as águas pretas (devido à presença de substâncias húmicas) e eventualmente para as águas claras, como observado por Siqueira et al. (2012) no rio Parauapebas - PA, onde os valores pH ligeiramente ácidos é devido à contribuição da própria bacia hidrográfica e a decomposição da matéria orgânica.

Valores de pH de rios acima de 10 ou abaixo de 4 indicam a contaminação por efluentes industriais ou a ocorrência de acidentes com vazamento de produtos químicos. Carvalho et al. (2015) observou que os baixos valores de pH nas águas do rio Campo indicaram a capacidade tampão insuficiente para manter o ambiente em equilíbrio devido ao lançamento de efluentes industriais e esgoto a jusante do município de Campo Mourão, Paraná.

É possível observar variação de pH em decorrência da influência da salinidade. Veríssimo e Ferreira (2013) descrevem variações ao longo das campanhas no rio São João no Rio de Janeiro, observando acidez próxima às áreas de coleta. A variação ocorreu em decorrência da baixa influência da salinidade nas regiões mais a montante, tendo a justificativa de que quanto mais distante da foz, maiores são as variações de pH, com maior tendência a acidez.

3.3.2 Turbidez

Diversos fatores são responsáveis pela turbidez da água, tais como colóides, matéria orgânica dissolvida e particulada e algas (GÖRANSSON; LARSON; BENDZ, 2015; MULLER; GRANADA; SPEROTO, 2016). A alteração na turbidez causa transtornos à biota aquática do rio, pois sua elevação pode reduzir a atividade fotossintética de vegetações submersa, bem como da comunidade fitoplânctônica e conseqüentemente suprimir a produtividade de peixes (WILSON, 2010). Além disso, afeta negativamente os usos domésticos, industriais e recreacionais de uma água. Para Aprile e Siqueira (2011), a alta

turbidez dos rios pode elevar o custo de tratamento de água, quer para abastecimento público ou outros fins, e afeta a estética dos rios.

Bezerra et al. (2013) observaram que a variável turbidez era influenciada além da presença de atividades antropogênicas nas áreas de mata ciliar, também pela conformação sinuosa do rio que contribuiu com os processos de erosão marginal e assoreamento, acarretando o incremento das cargas de sólidos trazidos pelo deflúvio superficial, causando elevação da turbidez da água.

Siqueira, Aprile e Miguéis (2012) ressaltaram que a água límpida isenta de turbidez é importante quando ele se destina ao consumo humano ou processos industriais. A turbidez acima de 5 NTU além de ser perceptível ao consumidor e representar uma condição insatisfatória, dificulta o processo de desinfecção por tratamento com radiação ultravioleta (UV).

A turbidez da água pode sofrer variações temporais e espaciais como observado por Haddad e Magalhães Júnior (2010), estudando a influência antrópica na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio São Miguel - MG e Andrietti et al. (2016) estudando o índice de qualidade da água e estado trófico do rio Caiabi - MT. Para os autores, a variação durante os meses de monitoramento esteve relacionada às precipitações pluviométricas ocorridas na região o que acarretou no impacto e remoção de partículas de solos expostos pela ausência da cobertura vegetal e o posterior transporte por escoamento superficial para os corpos d'água. O padrão espacial mostrou como áreas críticas àquelas desprovidas de vegetação ripária contribuindo para valores elevados de turbidez.

Gonçalves et al. (2012) avaliando a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Simão – SP, também ressaltaram que o aumento nos valores de turbidez ocorreu devido à precipitação e ao uso do solo, além das características geológicas da bacia (presença de desnível entre as formações geológicas da bacia) e à entrada de efluentes nos corpos de água localizados em áreas urbanas.

3.3.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica, cujos valores são expressos em micro Siemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$). É função da concentração de íons presente na água que possam conduzir esta corrente elétrica, mas seu valor, além de depender da temperatura, também difere para cada íon (ESTEVEZ, 2011). Valores elevados de condutividade elétrica pode ser devido ao aumento de compostos iônicos na água, resultando

na diminuição da turbidez. Os maiores valores de condutividade elétrica em períodos de baixa precipitação podem ser atribuídos pela alta evapotranspiração e pela poluição causada pelo uso de adubos e fertilizantes nas atividades de irrigação. Valores mais baixos de condutividade elétrica pode ser observado na estação chuvosa, podendo estar associada à provável diluição devido ao aumento da precipitação pluviométrica levando a limpeza das águas inundadas (Maimuna; Victor, 2012).

Embora a condutividade elétrica não possua valores de referência na legislação ambiental para o enquadramento dos corpos de água, em geral níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2013). A condutividade elétrica é uma variável importante na análise de qualidade da água, pois valores elevados podem estar associados ao lançamento de efluentes domésticos, como observado por Cordeiro et al. (2016) estudando a qualidade da água em riachos urbanos na bacia do Corumbá, no Centro-Oeste do Brasil, como também relacionadas às atividades agrícolas, como observado por Gonçalves et al. (2012), na bacia do córrego São Simão em São Paulo.

Em regiões tropicais, os valores de condutividade elétrica nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas (estação de seca e de chuva) da região onde se localizam (ESTEVEES, 2011).

3.3.4 Fósforo total

Conforme Rocha e Pereira (2016), o fósforo presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, tem-se a dissolução de compostos do solo (rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para o ecossistema), a decomposição da matéria orgânica e o fósforo de composição celular dos microrganismos. As fontes artificiais mais importantes são os esgotos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes.

O fósforo é obtido a partir de sua extração de rochas fosfáticas, que constituem uma fonte não renovável e que juntamente com nitrogênio e o potássio, formam o trio de nutrientes essenciais utilizados para garantir um melhor rendimento das culturas agrícolas (PANTANO et al., 2016). Nesse sentido, a produção de alimentos está diretamente associada à disponibilidade de fósforo, pois a prática agrícola é responsável pelo consumo de 90% de todo fósforo extraído. Estima-se que ocorrerá um pico na produção de fertilizantes fosfatados nos próximos 30 anos

e um esgotamento das reservas mundiais de rochas fosfáticas nos próximos 50-100 anos (CORDELL; DRANGERT; WHITE, 2009; CORDEL; WHITE, 2011).

Como consequência à interferência no ciclo do fósforo, há um aumento da sua concentração em águas superficiais, levando à eutrofização artificial de tais corpos d'água. A eutrofização é reconhecida como um dos problemas de qualidade da água de maior importância da atualidade. Esse fenômeno pode ter origem natural ou artificial, sendo um processo lento e contínuo, resultante do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais que desgastam e lavam a superfície terrestre (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas (CETESB, 2015).

Níveis elevados de concentração de fósforo foram observados em diversos trabalhos devido às contribuições de origem rural, principalmente pelas atividades agrícolas nas margens dos rios (ALVES et al., 2008; BEZERRA et al., 2013).

Cunha et al. (2013) concluíram que a variável fósforo total foi uma das que apresentaram situação mais preocupante em relação aos resultados de não conformidade com o enquadramento de rios e reservatório de São Paulo, no período de 2005 a 2009. Tal conflito com enquadramento foi verificado em locais industrializados e com maiores densidades populacionais, indicando maior pressão antrópica nessas áreas e os efeitos negativos sobre a qualidade da água a ela associados.

Souza e Gastaldini (2014) também evidenciaram a influência da concentração de fósforo na deterioração da qualidade da água, sendo o uso urbano o principal agente causador.

3.3.5 Nitrato

O nitrogênio, assim como o fósforo, constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, chamados de macronutrientes, por ser exigido em grandes quantidades pelas células. Sendo assim, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico (CETESB, 2015).

Segundo Esteves (2011), as formas de nitrogênio são classificadas, nos ecossistemas, nas seguintes categorias:

- Nitrogênio orgânico particulado: sob a forma de organismos (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton, peixes, etc.) ou detritos;
- Nitrogênio orgânico dissolvido: sob a forma de compostos lixiviados (aminoácidos, peptídeos, purinas, etc.);
- A partir de organismos senescentes ou mortos como macrófitas aquáticas e organismos fitoplâncton;
- Nitrogênio inorgânico dissolvido: que pode ser encontrado sob a forma de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O) e nitrogênio molecular (N_2).

As principais fontes de nitrogênio assimiláveis pelos produtores primários nos ecossistemas aquáticos são nitrato e o íon amônio, sendo que o primeiro mais abundante em ecossistemas ou compartimentos dos ecossistemas aeróbicos e o segundo em ecossistemas ou compartimentos dos ecossistemas que sejam anaeróbicos.

As principais fontes de nitrogênio (N) para os ecossistemas aquáticos continentais são a fixação de nitrogênio (processo de transformação do N_2 em N biológico), chuvas, tempestades atmosféricas de raios (fornecem energia suficiente para combinar nitrogênio e oxigênio molecular e formar nitrato), aporte orgânico e inorgânico a partir de ecossistemas adjacentes e atualmente em grande escala, pelo aporte de domésticos e industriais não tratados ou parcialmente tratados nos corpos d'água.

Conforme Tundisi e Tundisi (2008), as principais fontes de nitrogênio (N) para os ecossistemas aquáticos continentais são nitrato, nitrito, amônio, compostos nitrogenados dissolvidos (ureia, aminoácidos livres e peptídeos). Nitrogênio atmosférico dissolvido na água é fixado por algumas espécies de cianobactérias.

O nitrato é um indicador de descarga de esgoto distante no corpo d'água. Outras fontes importantes de nitrato são os fertilizantes, que se aplicados inadequadamente podem atingir os cursos d'água, principalmente nos meses mais chuvosos (ESTEVEZ, 2011).

Alves et al. (2008), observaram concentrações de nitrato superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em praticamente em todos os pontos de amostragem para os meses de maio e junho, apontando a alta concentração de nitrato ser devido ao lançamento de esgoto doméstico clandestino no curso d'água.

3.3.6 Sólidos totais

Altas concentrações de sólidos podem diminuir a qualidade da água e causar problemas no equilíbrio hídrico para organismos individuais e vida aquática. Embora não haja nenhum efeito grave sobre a saúde humana associada à ingestão de sólidos na água potável, pesquisas revelaram uma relação inversa entre a concentração de sólidos na água potável e a incidência de câncer, doenças coronárias e doenças cardiovasculares (MAIUMA; VICTOR, 2012).

Rios sinuosos também contribuem com o incremento das cargas de sólidos trazidos pelo deflúvio superficial, devido ao processo de erosão marginal e assoreamento, aliados ao baixo fluxo de vazão e elevado potencial de sedimentação, provenientes dos taludes sem proteção da mata ciliar (BEZERRA et al., 2013).

Souza e Gastaldini (2014) apontaram que as maiores produções de sedimentos foram observadas em bacias de características rurais devido às práticas agrícolas caracterizadas pelo plantio próximo ao leito do rio e pelo desmatamento da mata nativa, práticas que aumentam o poder de erosão e perda do solo.

3.3.7 Oxigênio dissolvido (OD)

Dos gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, por ser vital aos seres aquáticos aeróbios e o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por dejetos orgânicos. Sua origem no corpo hídrico se deve pela dissolução do oxigênio atmosférico e produção pelos organismos fotossintéticos (origem natural), como também pela introdução de aeração artificial e produção pelos organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados (origem antropogênica). A solubilidade do oxigênio na água varia com a temperatura, pressão atmosférica, presença de sais minerais e turbulência da água (VON SPERLING, 2005).

Diversos trabalhos apontam mudanças nas condições da variável oxigênio dissolvido, apresentando uma redução nos seus teores, devido ao aumento da temperatura da água, ocasionando menor solubilidade dos gases (HADDAD; MAGALHÃES JÚNIOR, 2010; GONÇALVES et al., 2012).

A concentração da matéria orgânica aliada às altas temperaturas também contribui para o grau de desoxigenação da água. A temperatura influencia diretamente na atividade dos organismos e, conseqüentemente, na respiração destes e em outros processos oxidativos, como por exemplo, a decomposição da matéria orgânica por microrganismos. Alves et al. (2008) avaliando a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Pirapó-Maringá no Paraná,

observaram que os pontos de coletas localizados em áreas urbanas apresentaram as menores concentrações de OD, sendo indicativos da presença de matéria orgânica proveniente de esgoto.

3.3.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbica para uma forma inorgânica estável. A $DBO_{5,20}$ é a quantidade de oxigênio consumido durante cinco dias a uma temperatura de 20°C (CETESB, 2016).

Rocha e Pereira (2016) reforça a importância dessa variável, que é uma das mais utilizadas para a indicação da qualidade da água. A DBO se refere a quantidade de oxigênio necessária para degradar a matéria orgânica presente no meio. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento dos peixes e outras formas de vida aquática.

As maiores fontes de poluição que contribuem para a elevação da DBO estão ocorrendo de forma mais localizada em áreas urbanas, significando maior produção e liberação de efluentes, de origens domésticas e industriais, que na falta de saneamento básico e juntamente com as ligações clandestinas, tais efluentes são lançados sem qualquer tratamento (*in natura*) nos rios. Este cenário foi observado por diversos autores como Siqueira, Aprile e Miguéis (2012) no diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas - PA, Bezerra et al. (2013) na análise dos indicadores de qualidade da água no rio Apodi-Mossoró (RN) e Souza e Gastaldini (2014) na avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica Vacacaí-Mirim (RS).

Elevados teores de DBO também foram encontrados em áreas exclusivamente rurais, sendo a contaminação dessas áreas devido aos excrementos de animais como observado por Alves et al. (2008) na bacia hidrográfica do rio Pirapó-Maringá, no Paraná.

3.3.9 Coliformes termotolerantes

A principal avaliação das condições microbiológicas da água é através do teste de detecção de bactérias do grupo coliformes, que são os principais indicadores de poluição fecal, pois habitam o trato intestinal e são eliminados em grande número com as fezes (SCHERER et al., 2016). A *Escherichia coli* (*E. coli*) é abundante em fezes humanas e de animais, sendo

somente encontrada em esgotos, águas naturais e solos desde que tenham recebido contaminação fecal recente, proveniente de efluentes domésticos.

Alves et al. (2008) avaliando a qualidade da água do rio Pirapó-Maringá, no Paraná, observaram variação espacial na contagem de *E. coli*. O mesmo comportamento dos resultados foi encontrado para DBO. Os pesquisadores acreditam que tais resultados devem estar relacionados com a fonte poluidora comum a estes parâmetros, ou seja, lançamento de despejos domésticos no curso d'água.

Souza e Gastaldini (2014) apontaram em seus resultados que a contagem de *E. coli* são mais elevados nas bacias hidrográficas em que há maior número de habitantes e percentual de impermeabilização.

3.4 Índices de qualidade de água

A crescente preocupação da sociedade com os aspectos ambientais do desenvolvimento gerou um processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores, resultando no desenvolvimento de diversos índices e indicadores fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento dos seus efeitos (CETESB, 2015). Os índices têm sido usados com sucesso para caracterizar o estado e as tendências da qualidade da água e transmitir essas informações para os grupos interessados (ANDRIETTI et al., 2016).

Para Von Spearling (2007), os índices podem ser entendidos como "notas", que retratam condições variando de "muito ruim" a "excelente", ou que permitam inferências sobre alguns aspectos específicos sobre o curso d'água, tal como biodiversidade e toxicidade. Dessa forma, os resultados podem ser expressos em mapas hidrográficos com escalas de cores, tornando a comunicação mais fácil e direta com o público em geral.

As facilidades de comunicação com o público leigo e o fato de representar uma síntese das diversas variáveis em um único número são as principais vantagens da utilização dos índices de qualidade da água (BEZERRA et al., 2013). Para Tyagi et al. (2013), o IQA tem a capacidade de aumentar a compreensão das questões de qualidade da água com destaque para os formuladores de políticas, bem como para o público em geral como os usuários dos recursos hídricos. No entanto, no processo de síntese, os índices apresentam a desvantagem da perda de informação das variáveis individuais e de sua interação (ELMIRO et al., 2005; CETESB, 2015; ANA, 2016). Por esse motivo, qualquer análise mais detalhada deve considerar as variáveis individuais que determinam a qualidade das águas.

Há vários índices de qualidade, desenvolvidos por entidades diferentes e com objetivos distintos. Inicialmente, o IQA foi desenvolvido pelo pesquisador Alemão R. Horton em 1965, nos Estados Unidos, com a seleção de dez variáveis mais utilizadas na avaliação da qualidade da água dentre eles o oxigênio dissolvido, pH, coliformes, condutividade específica, alcalinidade e cloreto e foi amplamente aplicado e aceito em países europeus, africanos e asiáticos (TYAGI et al., 2013). Após a criação do índice de Horton desenvolveu-se outro índice por Brown (1970), que se baseou em peso para cada variável. Desde então vários cientistas e especialistas fizeram considerações e modificações para o conceito de IQA: *Weight Arithmetic Water Quality Index* (WAWQI); *National Sanitation Foundation Water Quality Index* (NSFWQI); *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index* (CCMEWQI), *Oregon Water Quality Index* (OWQI) etc. (TYAGI et al., 2013).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) propôs alguns índices segundo as peculiaridades do Brasil, que são: Índice de qualidade das águas (IQA_{CETESB}); Índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento público (IAP); Índice de estado trófico (IET); Índice de contaminação por tóxicos; Índice de balneabilidade (IB) e Índice de qualidade da água para a proteção da vida aquática (IVA). A seguir serão abordados brevemente os índices citados, enquanto será dada maior ênfase ao IQA_{CETESB} por se tratar de uma ferramenta utilizada no presente trabalho.

Com relação ao abastecimento público a CETESB usou o IAP (Índice de Qualidade de Água para fim de Abastecimento Público) que avalia, além das variáveis consideradas no IQA, as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água advinda, principalmente, de fontes difusas. O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas). O ISTO é composto pelos grupos: ST - Grupo de variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (Potencial de Formação de Trihalometanos - PFTHM, número de células de cianobactérias, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel) e SO - grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água (ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco). Para cada variável do ISTO é atribuído valores de limite inferior, geralmente correspondente ao padrão de potabilidade na Portaria 2914/2011 e um para limite superior, em geral correspondente ao padrão Classe 03 na CONAMA 357/05 (CETESB, 2014).

O Índice do Estado Trófico (IET) auxilia na visualização geral do grau de trofia (nutrição) e seu efeito na qualidade da água. Nesse índice, os resultados são calculados a partir dos valores de clorofila *a* e fósforo total e devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. O IET é

calculado prioritariamente nos pontos cuja classe prevê a proteção da vida aquática (ALVES et al., 2012; CETESB, 2014).

O Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA) é utilizado considerando o Índice de Parâmetros Mínimos para Preservação da Vida Aquática (IPMCA), integrando uma avaliação do enriquecimento das águas por nutrientes, através o Índice do Estado Trófico Modificado – IET. O IVA é utilizado para avaliar a qualidade das águas para a proteção da vida aquática, incluindo no seu cálculo as variáveis essenciais para os organismos aquáticos: oxigênio dissolvido, pH e toxicidade (efeito observado nos organismos por meio de ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*); substâncias tóxicas e grau de trofia. O cálculo do IVA é priorizado em pontos que estão enquadrados em classes que preveem a proteção da vida aquática excluindo-se, assim, os corpos hídricos Classe 04 do CONAMA 357/05 (CETESB, 2014).

O Índice de Balneabilidade (IB) visa avaliar a qualidade de água para fins de recreação de contato primário, sendo aplicado em praias de águas interiores, localizadas em rios e reservatórios (CETESB, 2014).

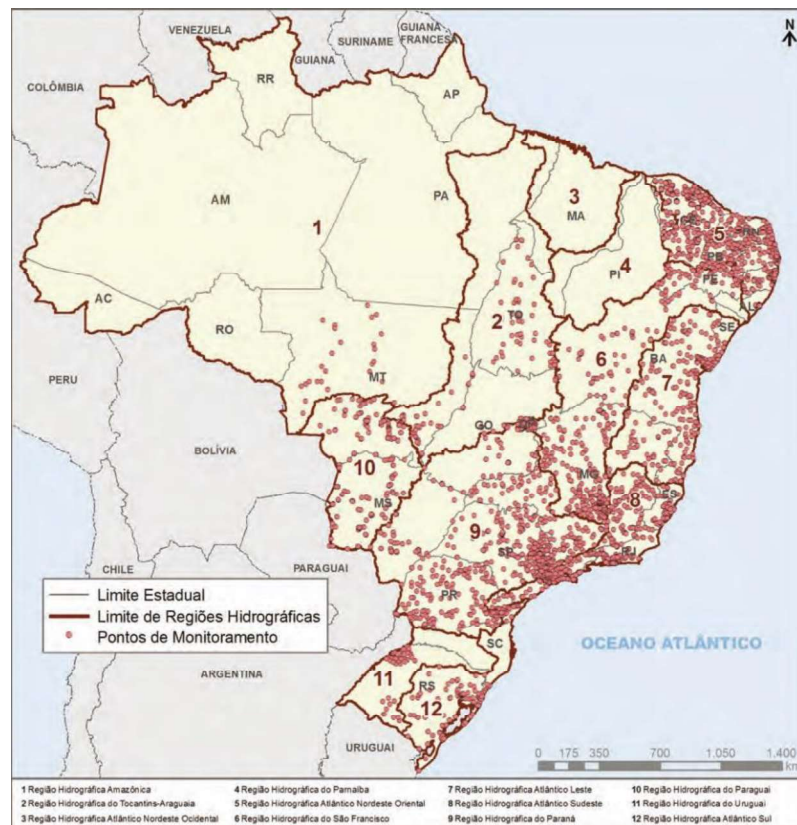
Os índices de qualidade da água (IQA) comumente usados são baseados no IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (IQANSF), em 1970. O IQANSF foi desenvolvido a partir de uma consulta de opinião a 142 especialistas em gestão de qualidade da água, através do método *Delphin*. Foram selecionadas, dentre as 35 variáveis inicialmente propostas, as mais relevantes para avaliar a qualidade da água e para elas foram atribuídas peso relativo. Foram selecionadas nove variáveis consideradas as mais representativas para a caracterização da qualidade das águas: coliformes fecais (termotolerantes), pH, DBO, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez, sólidos (residuais) totais, oxigênio dissolvido. Então, estabeleceram curvas médias de avaliação da qualidade da água em função de sua concentração (VON SPEARLING, 2007; TYAGI et al., 2013; POONAM; TANUSHREE; SUKALYAN, 2013; CETESB, 2015). O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

No Brasil, o IQANSF foi modificado pela CETESB em 1975. A CETESB alterou duas variáveis, no entanto, manteve suas curvas de qualidade e pesos relativos, são elas: nitrato por nitrogênio total e fosfato por fósforo total (VERÍSSIMO; FERREIRA, 2013). Outras entidades brasileiras também fizeram adaptações no IQANSF com relação aos parâmetros e à fórmula de

cálculo, como é o caso do COMITESINOS e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), do Estado do Rio Grande do Sul (ANA, 2012).

Segundo ANA (2012), há 17 estados brasileiros que utilizam o IQA como indicador da condição dos corpos d'água (Alagoas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio grande do Sul, São Paulo e Tocantins) e os dados de monitoramento englobam 9 das 12 regiões hidrográficas brasileiras, considerando que na Região Hidrográfica Amazônica apenas o estado de Mato Grosso possui pontos de monitoramento de qualidade da água (Figura 1).

Figura 1 - Pontos de monitoramento da qualidade da água dos Órgãos Estaduais.



O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades da água correspondentes às variáveis que integram o índice, conforme equação abaixo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i$$

Onde:

- IQA: Índice de Qualidade das Águas (entre 0 e 100).
- q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro (entre 0 e 100), obtido da respectiva curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida (Figura 2);
- w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro (entre 0 e 1), atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que, o somatório dos mesmos deve atingir 1.

O cálculo do IQA requer um passo de normalização, onde cada parâmetro é transformado em uma escala de 0 – 100%, onde 100 representa a maior qualidade. O próximo passo é a aplicação de fatores de peso (Tabela 1) que refletem a importância de cada parâmetro (PESCE; WUNDERLIN, 2000).

Caso não se disponha de algum dos valores para qualquer uma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado. A interpretação do valor do IQA é realizada dentro das faixas de qualidade da água, que são: péssima, ruim, regular, boa e ótima (Figura 2).

Destaca-se que o IQA foi desenvolvido para avaliar, principalmente, contaminação decorrente de despejo de esgoto doméstico, não devendo ser utilizado para responder outros tipos de questões (PIASSENTIN et al., 2009).

Tabela 1 - Variáveis e pesos relativos propostos ao IQA.

Variáveis	Unidades	Pesos relativos (w_i)
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	0,17
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	0,10
Sólidos Totais	mg/L	0,08
Turbidez	NTU	0,08
Nitrato	(mg/L)	0,10
Fósforo Total	(mg/L)	0,10
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	(NMP/100mL)	0,15
Potencial Hidrogeniônico (pH)		0,12
Temperatura da água	(°C)	0,10

Fonte: CETESB (2014)

O IQA tem sido considerado uma ferramenta de grande valia para a classificação das águas superficiais, com base nas variáveis limnológicas, previamente normalizados/padronizados. Trata-se de um instrumento matemático usado para transformar um conjunto de dados limnológicos em uma representação numérica do nível de qualidade da água em um determinado trecho do rio (SIQUEIRA; APRILE; MIGUÉIS, 2013).

Para Bezerra et al. (2013) e Andrietti et al. (2016), o índice propõe caracterizar o estado e dar uma ideia da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo, além de permitir uma comparação entre diferentes cursos hídricos ou entre diferentes pontos de um mesmo curso.

Figura 2 - Quadro demonstrativo da classificação da qualidade da água segundo IQA.

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2015)

A utilização de índices de qualidade de água tem como objetivo a simplificação de uma série de parâmetros em valores inteiros (BEZERRA et al., 2013). No entanto, Elmiro et al. (2005) ressalta que a simplificação dos dados pode se transformar em desvantagem, pois há perda de informações individuais e das interações entre os outros indicadores.

O uso de índice de qualidade da água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível degradação dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

A qualidade da água varia de acordo com os tipos de usos e o critério "qualidade de água aceitável" dependerá das condições existentes e que varia de tempos em tempos e de região para região. Os índices de qualidade de água são necessários, para traduzir em um único dígito a análise de dezenas de dados multiparamétricos. Apesar de todos os esforços, dos diferentes índices utilizados globalmente, nenhum até agora tem sido universalmente aceito, de modo que tais índices são utilizados pelas agências de água, usuários e gestores de recursos hídricos em diferentes países, com poucas modificações (POONAM; TANUSHREE; SUKALYAN, 2013; TYAGI et al., 2013).

A Agência Nacional de Águas vem estimulando o emprego de índices, pois seu uso auxilia a padronização nas coletas e análises de água e também facilita a leitura das condições de qualidade para todos os públicos, inclusive os não-técnicos (VERÍSSIMO; FERREIRA, 2013).

Veríssimo e Ferreira (2013), ao realizar o monitoramento da qualidade da água do rio São João, observou que as variáveis *E.coli* e sólidos totais influenciaram nos valores obtidos pelo IQA, elevando seus valores no período de chuva, levando a uma diminuição na categorização no trecho do rio estudado.

Bezerra et al. (2013) aplicando o IQA para a avaliação da qualidade da água do rio Apodi-Mossoró (RN) e Haddad e Magalhães Júnior (2010) avaliando a influência antrópica na qualidade da água na bacia do rio São Miguel (MG), concluíram que as ações antrópicas, principalmente as atividades situadas no trecho urbano e a jusante contribuíram para a poluição do rio, elencando as atividades lançamento de efluentes *in natura* no rio, as atividades agrícolas e de criação de animais, como sendo as mais impactantes no corpo hídrico.

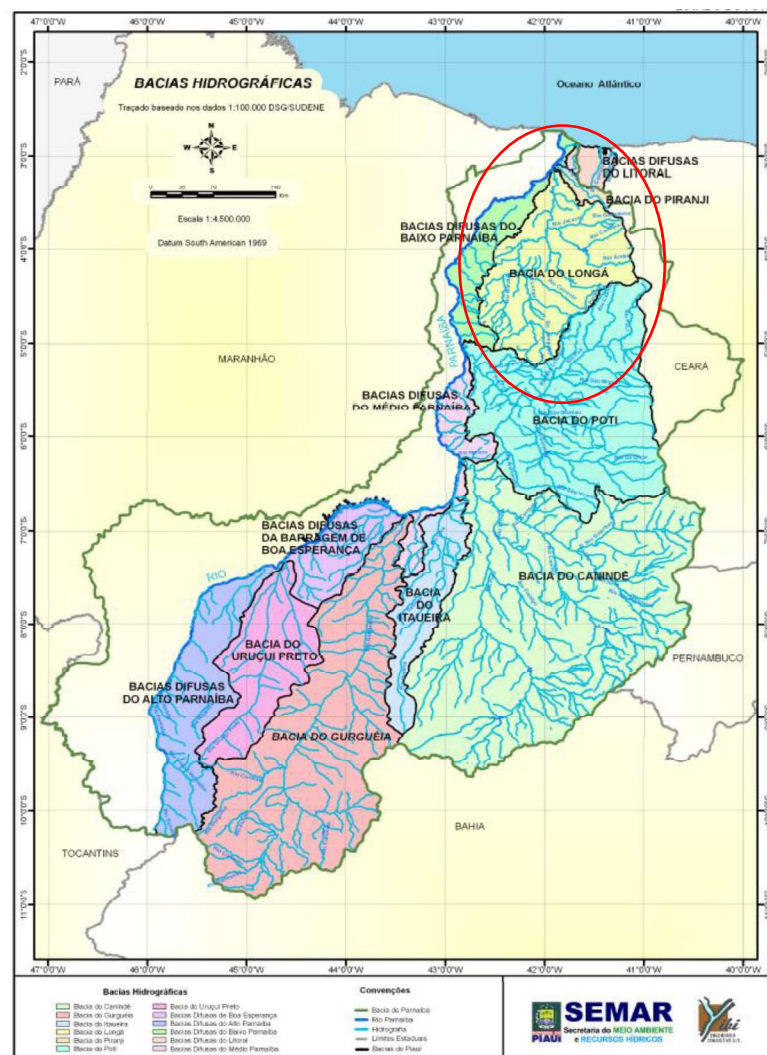
Os índices de qualidade da água vêm sendo analisados, testados, avaliados e/ou usados por diversos autores, em diversas formas e abordagens. Comparação de índices pré-existentes (BHARTI; KATYAL, 2011; POONAM; TANUSHREE; SUKALYAN, 2013); criação de índices baseados em análise fatorial (TOLEDO; NICOLELLA, 2002; COLETTI et al., 2010); desenvolvimento, calibração e adaptações (FERREIRA et al., 2015; MORETTO et al., 2012; RUBIO-ARIAS et al., 2012); Avaliação e monitoramento da qualidade da água (ANDRIETTI et al., 2016; BLUME et al., 2010; CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000; CARVALHO et al., 2015; KOZEN; FIGUEIREDO; QUEVEDO, 2013; PASSIG et al., 2015).

4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Longá é uma das 12 bacias hidrográficas ou conjunto de bacias que estão inseridas na Região Hidrográfica do Parnaíba, a segunda maior em extensão da Região Nordeste brasileira (Figura 3). Abrangendo uma área de drenagem de 22.623 km², a bacia hidrográfica do rio Longá localiza-se entre as coordenadas 3° 03' e 5° 16' de latitude sul e 41° 04' e 42° 43' de longitude, a oeste de Greenwich, correspondendo a 8,99 % da área total do Estado do Piauí, compreendendo 26 sedes municipais piauienses (Tabela 2), nos quais vivem uma população de aproximadamente 480 mil habitantes (IBGE, 2010).

Figura 3 – Bacias hidrográficas do rio Parnaíba no Estado do Piauí.



Fonte: PIAUÍ, 2010 (Adaptado pelo autor).

Tabela 2 - Municípios com sede inseridas na bacia hidrográfica do rio Longá.

01- Altos	10- Caraúbas do Piauí	19- Lagoa
02- Barras	11- Caxingó	20- Lagoa de São Francisco
03- Batalha	12- Cocal de Telha	21- Nossa Senhora de
04- Boa Hora	13- Cocal dos Alves	Nazaré
05- Boqueirão do Piauí	14- Coivaras	22- Pedro II
06- Brasileira	15- Domingos Mourão	23- Piracuruca
07- Cabeceiras do Piauí	16- Esperantina	24- Piripiri
08- Campo Maior	17- Jatobá do Piauí	25- São João da Fronteira
09- Capitão de Campos	18- José de Freitas	26- São José do Divino

Fonte: PIAUÍ, 2010

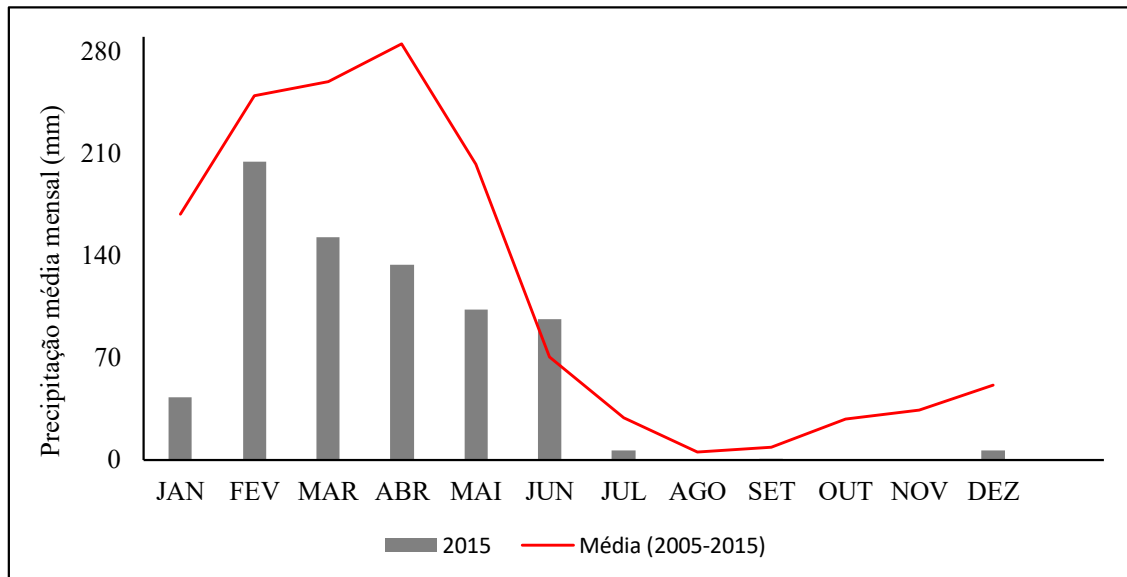
Situada na porção norte do Estado do Piauí, tem como rio principal o rio Longá, que nasce na Lagoa do Mato, no município de Alto Longá, a uma altitude de 150 m. O nome do rio provém dos índios (Longas) que habitavam suas margens e ficou conhecido como *Rio dos Longazes* (BAPTISTA, 1981). Trata-se de um rio perene no médio e baixo curso e alimenta inúmeras lagoas de pequeno porte. O rio Longá é abastecido por uma extensa rede de drenagem. Ressalta-se que dessa rede de drenagem há alguns afluentes perenes e outros intermitentes. A jusante do município de Esperantina o rio Longá recebe dois afluentes perenizados por barragens, no caso os rios dos Matos e Piracuruca, esses rios possibilitam o aumento da vazão próximo à foz. Em Buriti dos Lopes o rio Longá apresenta muitos meandros e desemboca no rio Parnaíba, após percorrer aproximadamente 348 km (MMA, 2006).

Os principais afluentes do rio principal são, pela margem esquerda, os rios Surubim e Maratoã; pela margem direita, os rios Jenipapo, Corrente, dos Matos, Caldeirão (barrado no município de Piripiri, forma um corpo de água de 54,6 milhões de m³) e o rio Piracuruca, barrado no município do mesmo nome formando um lago de 250 milhões de m³ (MMA, 2006). A bacia do Longá possui quatro reservatórios, que são: Bezerros, no município de José de Freitas; Caldeirão, no município de Piripiri; Corredores, no município de Campo Maior e Piracuruca, no município de Piracuruca (PIAUÍ, 2010). São registradas importantes lagoas ao lado de outras menores ao longo do rio Longá e de alguns tributários, destacando-se a Lagoa do Angelim e Lagoa da Mata, ambas em Buriti dos Lopes, com 11,5 milhões de m³ e 39 milhões de m³, respectivamente (MMA, 2006).

As precipitações na porção Norte do Estado do Piauí, onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Longá, ficam em torno de 1.400 mm/ano (PIAUÍ, 2010). A figura 4

apresenta a precipitação média mensal de 2015 e a precipitação média de 10 anos. O trimestre fevereiro/março/abril é considerado o mais chuvoso e agosto/setembro/outubro, o mais seco.

Figura 4 – Precipitação média mensal (2015) e precipitação média mensal (2005-2010). Estação meteorológica de Esperantina-PI.



Fonte: INMET (2016)

A bacia do rio Longá possui uma vazão específica de $7,27 \text{ l/s/Km}^2$, vazão natural de $164,47 \text{ m}^3/\text{s}$ e vazão de referência (Q_{90}) de $2,48 \text{ m}^3/\text{s}$ (PIAUI, 2010). Esses dados foram determinados utilizando séries históricas das vazões medidas nos postos fluviométricos e da simulação utilizando o modelo chuva-deflúvio SMAP. Pante et al. (2004) concluíram que, considerando apenas as vazões naturais, com 100% de garantia, a bacia do rio Longá apresentou vazão de $1,55 \text{ m}^3/\text{s}$, refletindo um regime de intermitência em grande porção da bacia. No entanto, considerando a infraestrutura hídrica, a vazão regularizada total, com 100% de garantia é de $13,45 \text{ m}^3/\text{s}$, configurando-se como uma importante bacia para a região norte do estado do Piauí.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na área da bacia hidrográfica do rio Longá é do tipo tropical quente úmido (Aw'), com chuvas de verão/outono como resultado dos deslocamentos sazonais da Convergência Intertropical (CIT), sob a forma de massa de ar convectiva. A estação chuvosa dessa região estende-se de janeiro a maio, sendo o trimestre fevereiro/março/abril o mais chuvoso e, agosto/setembro/outubro, o mais seco (PIAUI, 2010).

A cobertura vegetal da bacia do rio Longá reflete as condições climáticas e pedológicas da área, apresentando na porção leste da bacia uma área de tensão ecológica, com espécies da

caatinga arbustiva, correspondendo 25% da cobertura vegetal da região. Na região central encontram-se a vegetação do tipo Cerrado, caracterizado por uma savana constituída de um estrato descontínuo, composto de elementos arbustivos e arbóreos caracterizados por troncos tortuosos, casca espessa, folhas coriáceas e dossel quase sempre assimétrico. Também se observa áreas do tipo "Campo Cerrado" onde há o predomínio de gramíneas com árvores geralmente isoladas. O cerrado corresponde 50% da vegetação do território da bacia do rio Longá. Na região sudoeste encontra-se uma vegetação do tipo Floresta decidual, onde se observa espécies vegetais como o babaçu e a carnaúba, que são de grande importância econômica para a região, e ainda o buriti e o tucum. Nas áreas de contato entre cerrado e floresta é possível encontrar espécies como aroeira, baraúna, jatobá, jacarandá, mangabeira, angico-de-bezerro, sucupira e coração de negro (PIAUI, 2010).

Araújo e Sousa (2009) ao estudar a região norte do Piauí mostraram que as atividades econômicas mais desenvolvidas na bacia hidrográfica do rio Longá, estão relacionadas às atividades de extrativismo vegetal, com destaque para a extração do pó da carnaúba e nos trechos úmidos é extraída a amêndoa do babaçu para produção de óleo; a extração de madeiras com preponderância da lenha para utilização em fornos industriais (padarias, cerâmicas, extração de óleos, sabão, entre outras) que trazem grandes prejuízos para o meio ambiente; extração de madeira para obtenção de matéria-prima para construção de casas, cercas, currais e outros usos. Também existe a criação de bovinos, suínos, caprinos e ovinos, que na sua grande maioria são criados por pequenos e médios proprietários que utilizam esses animais como forma de subsistência e para a comercialização da carne e couro, entre os municípios produtores estão Batalha e Campo Maior. Esse tipo de criação acaba por trazer consequências para o meio natural em razão do intenso pisoteamento e conseqüentemente a compactação do solo. Aliada à pecuária encontram-se os projetos de irrigação, configurando-se como um importante instrumento econômico em alguns municípios ao longo do curso do rio Longá, como é o caso do município Barras no cultivo de melancia e os municípios Alto Longá e Buriti dos Lopes com a rizicultura. A lagoa Grande de Buriti dos Lopes é o sustentáculo econômico do município, pela produção de arroz cultivado na época de baixa precipitação, quando atinge cotas de vazantes. A floresta que existia nessas margens foi totalmente dizimada restando solo laterizado (MMA, 2002). Em Piripiri desenvolvem-se projetos de irrigação federal (DNOCS) a jusante do açude Caldeirão.

Quanto à atividade turística na bacia do rio Longá ressalta-se o Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, localizado entre os municípios de Esperantina e Batalha. Com uma área de 7,54 ha, essa unidade de conservação forma uma bela paisagem no período chuvoso, que

devido ao aumento das águas do rio Longá e o desnível no leito rochoso do rio na área do parque, formam uma queda d'água com 13,40 m de altura (ARAÚJO; SOUSA, 2009).

Uma Unidade de Conservação (UC) é definida como sendo o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000). No Estado do Piauí possui 35 Unidades de Conservação, cerca de 10,6% do seu território, considerando as esferas municipal, estadual e federal. Na porção nordeste da bacia hidrográfica do Longá localiza-se as seguintes unidades federais: o Parque Nacional de Sete Cidades (Piracuruca e Brasileira), a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Ibiapaba (norte do Piauí e noroeste do Ceará) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Recanto da Serra Negra (Piracuruca) e como unidade estadual o Parque Ecológico Cachoeira do Urubu (PIAÚÍ, 2010).

Conforme MMA (2006), na Bacia hidrográfica do rio Longá os neossolos quartzarênicos e latossolos ocupam as superfícies mais extensas. Os neossolos litólicos estão presentes principalmente nos trechos de relevo movimentado. Os vertissolos ocorrem em Piracuruca e Buriti dos Lopes, e as aluviões acompanham os rios da sub-bacia. Os vertissolos e as aluviões são os mais férteis e apresentam boas condições para uso com agricultura. Os arenosos são muito permeáveis, não retém umidade e o nível de fertilidade é muito baixo.

Para uma maior compreensão da dinâmica da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Longá, segue abaixo uma breve caracterização dos municípios onde ocorreram o monitoramento da qualidade da água.

O primeiro ponto de monitoramento foi no rio Longá, na zona rural do município de Barras (Figura 5). O município possui uma população de 44.850 habitantes e está inserido em uma região de transição dos biomas caatinga e cerrado. De acordo com IBGE (2010=i), 50,7% da população residem na zona rural. As principais atividades econômicas são: o extrativismo vegetal, onde em 2015 foram extraídas 88 toneladas do pó da carnaúba, 593 toneladas de amêndoas de babaçu e 19 toneladas de amêndoas de tucum. A madeira (tora e lenha) também tem destaque com 7.703 m³ extraídos; A pecuária (aquicultura, ovinocultura, suinocultura e bovinocultura) e agricultura no cultivo de arroz, feijão e milho que em 2015 ocuparam uma área de 3.496, 620 e 2.570 hectares, respectivamente.

O P2 localizado no rio Maratoã, também no município de Barras, no bairro Pedrinhas situado na área urbana deste município. Segundo IBGE (2010), o município não possui sistema

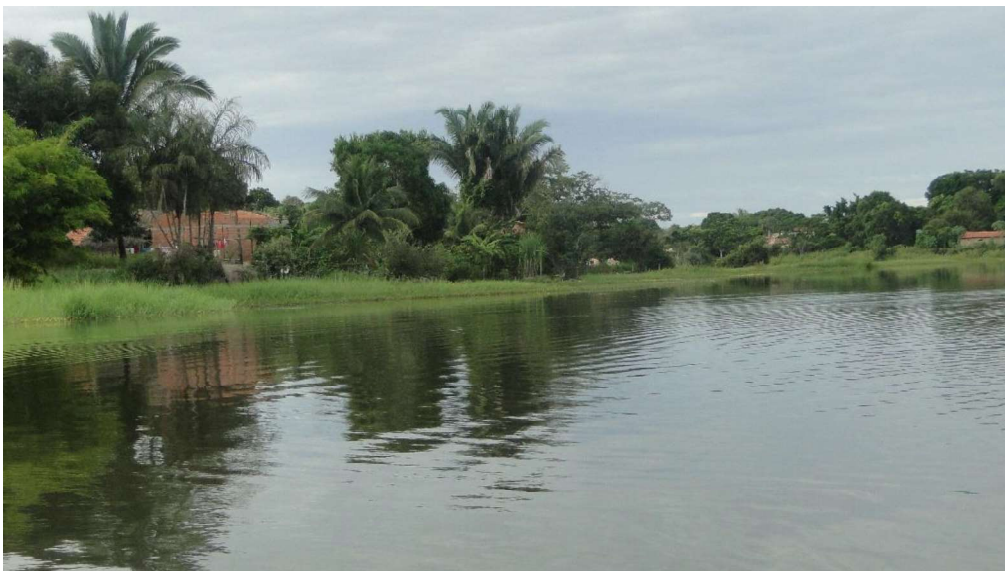
de coleta e tratamento dos seus efluentes domésticos. Nesse ponto de monitoramento foi possível observar diversos usos como recreação, pesca e uso doméstico (Figura 6).

Figura 5 – Imagem do rio Longá, no município de Barras.



Fonte: Do próprio autor.

Figura 6 - Imagem do rio Maratoã, no município de Barras.



Fonte: Do próprio autor

O terceiro ponto de monitoramento foi no rio Longá (Figura 7), no município de Esperantina, onde 61% da população residem na área urbana IBGE (2010). Em Esperantina há o predomínio de cursos d'água intermitentes (riachos) e o rio Longá possui uma forte influência, tendo em vista que este rio é o nível de base para a rede de drenagem local. A zona urbana de

Esperantina é margeada pelo rio Longá. Essa informação é relevante, pois alguns cursos d'água, localizados em áreas urbanas, recebem esgotos de origem doméstica ou industrial sem um tratamento adequado. O rio Longá no seu trecho urbano do município de Esperantina praticamente não possui pontos de lançamentos de esgoto. O rio Longá tem grande importância para os moradores que vivem na zona rural e urbana; abastece as comunidades, para a irrigação de lavouras (SOUSA, 2011).

Figura 7 - Imagem do rio Longá, no município de Esperantina



Fonte: Do próprio autor.

No município de Batalha foi monitorado o quarto ponto, no rio dos Matos (Figura 8). Neste município há uma grande quantidade de riachos que possuem um regime de águas intermitentes, com maior intensidade de água no período chuvoso. O rio dos Matos percorre o sentido Sul/Norte, e suas nascentes ficam no município de Piripiri. No município com 25.774 habitantes, 63% residem na zona rural (IBGE, 2010).

O quinto ponto localizava-se no rio Piracuruca próximo à ponte da BR 343, no município que leva o mesmo nome (Figura 9). Com uma população de 27.553 habitantes, 70% da população piracuruquense residem na zona urbana (IBGE, 2010). O rio Piracuruca, principal curso d'água municipal, nasce na Serra da Ibiapaba, a uma altitude em torno de 650 metros. Sua nascente fica compreendida entre o Serrote do Angical e a Serra dos Borges. No Estado do Ceará, o rio tem o nome de Arabé e sua foz está localizada na Barra do Piracuruca, onde deságua no rio Longá. O rio Piracuruca é barrado no município de Piracuruca formando o terceiro maior reservatório de água do Estado do Piauí, menor apenas que Boa Esperança e Salinas. O rio em

toda a sua extensão, atravessa os municípios de São Benedito (no Ceará), Domingos Mourão, São João da Fronteira, Brasileira, Piracuruca e São José do Divino (MACHADO, 2008).

Figura 8 – Imagem do rio dos Matos, no município de Batalha.



Fonte: Do próprio autor.

Figura 9 – Imagem do rio Piracuruca, no município de Piracuruca.



Fonte: Do próprio autor.

O P6 localizava-se no rio Longá, na zona rural do município São José do Divino, na localidade Tinguís (Figura 10). Com uma população de 5.148 habitantes, 47% residem-na zona rural. O município está situado no bioma caatinga.

Figura 10 - Imagem do rio Longá, no município de São José do Divino.



Fonte: Do próprio autor.

Em Buriti dos Lopes foi monitorado o sétimo ponto, localizado no rio Longá, próximo à ponte no povoado Estreito, zona rural deste município. Destaca-se aqui áreas extensas para o cultivo de arroz (Figura 11).

Figura 11 – Imagem do rio Longá, no município de Buriti dos Lopes.



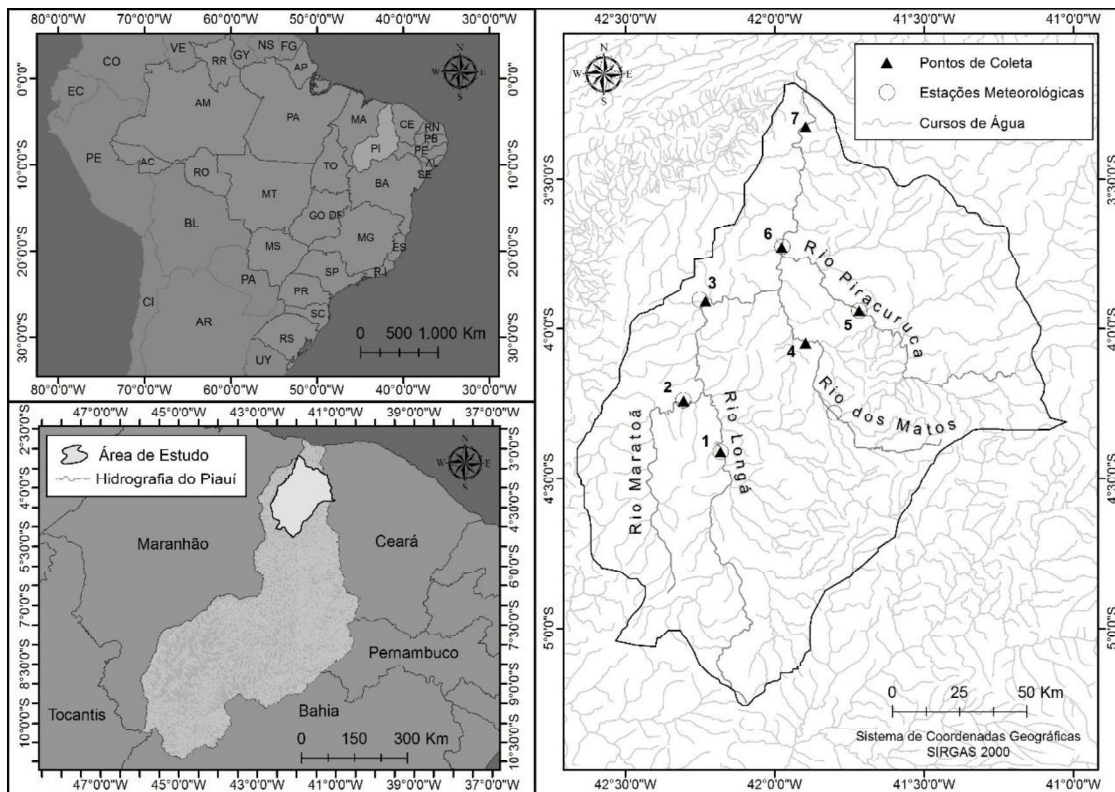
Fonte: Do próprio autor.

4.2 Estratégias de amostragem e metodologias analíticas

Para as amostragens foram selecionados 7 locais de coleta, sendo quatro ao longo do rio principal Longá e 3 localizados em três afluentes, rio Maratão, rio dos Matos e rio Piracuruca. Os pontos foram escolhidos levando em consideração a presença de estações meteorológicas, a acessibilidade e também visando obter uma melhor representatividade espacial e de ocupação da bacia. Os locais foram denominados P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7, sendo P1 mais próximo à nascente e P7 próximo ao exutório da bacia. A figura 12 aponta a localização da bacia do rio Longá, os pontos de coleta de água e as estações meteorológicas consultadas.

Em relação aos locais escolhidos para o monitoramento, P2, P3 e P5, estão localizados em centros urbanos dos municípios Barras, Esperantina e Piracuruca, respectivamente. Já P1, P4, P6 e P7 estão localizados na zona rural dos municípios Barras, Batalha, São José do Divino e Buriti dos Lopes, respectivamente. A tabela 3 apresenta a localização geográfica dos pontos de amostragem.

Figura 12 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Longá, locais de amostragem da água e estações meteorológicas.



Fonte: Pesquisa direta.

Tabela 3 - Pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Longá.

Identificação	Rio	Município	Latitude	Longitude
P1	Longá	Barras	04° 24' 34.92" S	42° 10' 53.04" W
P2	Maratoã	Barras	04° 14' 16.08" S	42° 18' 19.08" W
P3	Longá	Esperantina	03° 54' 10.30" S	42° 13' 44.60" W
P4	Matos	Batalha	04° 02' 42.52" S	41° 53' 45.13" W
P5	Piracuruca	Piracuruca	03° 56' 13.38" S	41°43' 01.63" W
P6	Longá	São José do Divino	03° 43' 26.04" S	41°58' 27.12" W
P7	Longá	Buriti dos Lopes	03° 19' 09.85" S	41°53' 45.40" W

Fonte: Pesquisa direta.

As campanhas de amostragem foram realizadas com a periodicidade mensal de janeiro a dezembro de 2015. Alíquotas de água foram coletadas na subsuperfície no ponto central da seção transversal do rio, à profundidade de 20 cm, aproximadamente. As variáveis de qualidade de água investigadas foram: temperatura da água, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato, fósforo total e *Escherichia coli* (*E. coli*). Tais variáveis foram escolhidas por serem utilizadas na determinação do IQA e que na sua maioria, são indicadoras de contaminação ocasionada pela ação antrópica.

A temperatura da água e a concentração do oxigênio dissolvido foram medidas *in situ* e para a determinação das demais variáveis foram coletadas amostras de água e armazenadas em frascos de vidro e polietileno. Para a análise bacteriológica utilizou-se sacos esterilizados. As amostras foram conservadas por meio de refrigeração (em caixas de isopor com gelo) e transportadas para o Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Piauí. As análises dos parâmetros de qualidade da água foram realizadas segundo metodologias descritas no APHA (2005) (Tabela 4).

Para avaliar a influência da precipitação pluviométrica nas diversas variáveis de qualidade de água buscou-se analisar o regime de sazonalidade da região. A série pluviométrica com os dados de precipitação (diário) da bacia hidrográfica do rio Longá, no período de janeiro a dezembro de 2015, foi obtida junto a ANA através do sistema Hidroweb, assim como junto ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Para averiguar a conformidade do enquadramento dos rios da bacia hidrográfica do rio Longá, os resultados das análises foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela

Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Após a comparação dos dados foram analisadas as diferenças espaciais e temporais das variáveis.

Tabela 4 - Metodologia da determinação das variáveis de qualidade da água.

Parâmetro	Metodologia analítica
Temperatura da água	Termometria
Turbidez	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Condutividade elétrica	Potenciométrico
Oxigênio dissolvido (OD)	Oxímetro
Sólidos totais	Gravimétrico
DBO₅	Winckler
Nitrato e Fósforo total	Colorimétrico
<i>E.coli</i>	Colilert

Fonte: APHA (2005) (Adaptado).

Os resultados das análises foram compilados no editor de planilhas Microsoft® Office Excel 2007 e reunidos para a determinação do Índice de Qualidade da Água - IQA_{CETESB}, que classifica as amostras em 5 (cinco) categorias, considerando as notas de qualidade de cada parâmetro e atribuindo um peso relativo para cada um deles. A qualidade da água foi interpretada frente às faixas estabelecidas para cada categoria, facilitando a compilação dos dados e melhorando a visualização da bacia como um todo.

4.3 Análise estatística

Para obter o perfil das variáveis de qualidade da água foi utilizado a estatística descritiva (média, mediana, mínimo e máximo) e as diferenças entre pontos e períodos sazonais (seco e chuvoso) foram obtidos através do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%. As variáveis estudadas foram comparadas com os índices estabelecidos pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005). Para quantificar o grau de associação entre variáveis da qualidade da água os dados foram submetidos a uma análise de correlação de Spearman.

O conjunto de dados de qualidade da água e do IQA da bacia hidrográfica do rio Longá foi submetido à avaliação por meio de análises multivariadas, empregando as técnicas de análises de agrupamento (análise de cluster) e de componentes principais (ACP). Para a realização da análise fatorial (AF), adotou-se o método da ACP. A adequabilidade dos dados quanto à estrutura da AF foi avaliada por meio do teste de esfericidade de Bartlett e da medida de adequacidade da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (HAIR et al., 2009). Para a estimação do número de CP a serem retidos foi determinada pelo critério de Kaiser (KAISER, 1958), no qual consiste em incluir somente componentes cujos autovalores próprios sejam superiores a 1. Esse critério fundamenta-se no fato de que qualquer componente deve explicar variância superior àquela apresentada por uma simples variável padronizada, que é 1.

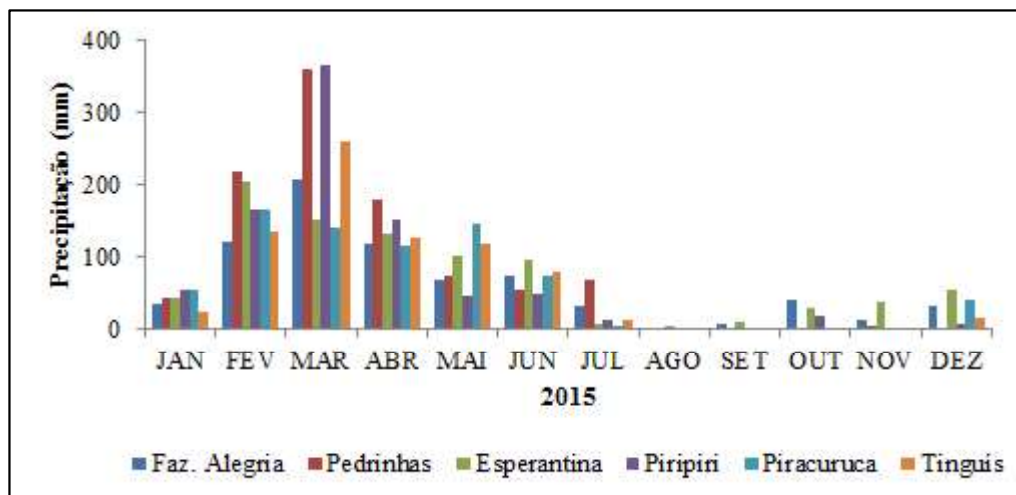
Adotou-se o procedimento de rotação ortogonal da matriz das cargas fatoriais que possibilita melhor interpretação dos fatores ao redistribuir a variância explicada pelas componentes, não alterando na variância acumulada do conjunto de componentes. A utilização da rotação ortogonal pelo método Varimax permite um melhor ajuste ao modelo fatorial possível de explicação, sendo frequentemente utilizada em estudos de qualidade de água e processos hidrológicos (Rocha; Pereira, 2016). O programa utilizado nas análises estatísticas multivariadas foi o SPSS versão 20.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise da qualidade da água da bacia

A precipitação mensal na bacia hidrográfica do rio Longá no ano de 2015 é ilustrada na figura 13. Os meses fevereiro, março e abril foram classificados como período chuvoso, onde a precipitação média foi de 185 mm/mês e os meses de maio a janeiro foram classificados como período seco com precipitações média de 32 mm/mês.

Figura 13 - Valores mensais da precipitação pluviométrica obtidos das estações meteorológicas inseridas na bacia hidrográfica do rio Longá, no período entre janeiro e dezembro de 2015.



Fonte: ANA e INMET (2016).

As amostragens das águas da bacia hidrográfica do rio Longá foram realizadas no período de janeiro a dezembro de 2015 e os resultados das variáveis da qualidade são apresentados no Apêndice A.

As figuras 14 e 15 ilustram os *boxplots* da distribuição sazonal (período seco e chuvoso) e espacial, respectivamente, construídos a partir dos dados obtidos nas análises das variáveis de qualidade da água. Durante o período de estudo houve variações nos valores obtidos por meio das análises laboratoriais para algumas variáveis em função do período seco e chuvoso e também em função da localização dos pontos de coleta.

A figura 14A apresenta a variação da concentração da matéria orgânica em termos de DBO nos períodos seco e chuvoso. Para o período seco, a mediana foi de 1,66 mg/L com concentrações variando de 0,85 mg/L a 2,21 mg/L e no período chuvoso apresentou mediana de 2,88 mg/L, com valor mínimo de 1,8 mg/L e máximo de 7,72 mg/L. Observa-se que no

período chuvoso apresentou valores mais elevados na concentração da matéria orgânica e também maior dispersão dos dados quando comparados com o período seco. O teste Kruskal-Wallis inferiu que houve diferença estatística significativa entre os dois períodos ($H=2,941$ e $p=0,086$). Em 10% das amostras analisadas para essa variável houve valores acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05 de 5 mg/L. Melhores resultados em função da concentração da matéria orgânica foram encontrados em P6 e P7, onde apresentaram medianas de 1,00 e 0,78 mg/L, respectivamente, com 75% das amostras abaixo de 1,41 mg/L. Os pontos P3 e P5 foram os que apresentaram os piores resultados com valores máximos de 7,6 mg/L e 5,67 mg/L de concentração da matéria orgânica, expressa em DBO (Figura 15A). O aumento da DBO ocorreu logo após os primeiros registros de precipitação, incidindo na diminuição dos seus valores após as primeiras chuvas, fato observado em P2, P3 e P5, que estão localizados nos centros urbanos das cidades de Barras, Esperantina e Piracuruca, respectivamente. Esse comportamento é atribuído à poluição difusa, característica de cidades onde não há serviço de saneamento básico do tipo rede coletora de esgoto, fato ocorrido em todos os municípios inseridos na bacia hidrográfica da bacia do Longá (IBGE, 2010). Em P4, P6 e P7, localizados na zona rural dos municípios de Batalha, São José do Divino e Buriti dos Lopes, respectivamente, apresentaram valores elevados para DBO, acima do limite permissível, apenas no mês de fevereiro. Observou-se que neste mês houve registro de precipitação pluvial nas 72 horas que antecederam a coleta em todos os pontos monitorados. Os dados apresentados para a DBO indicam que a qualidade da água da bacia do rio Longá deteriorou no período chuvoso. A DBO apresentou uma correlação significativa positiva com a variável temperatura ($\rho=0,23$), conforme tabela 5.

Para a contagem de células de *Escherichia coli* (*E. coli*) na figura 14B, entre as campanhas realizadas os valores mais altos foram observados no período chuvoso, com máxima de 1.380 NMP/100mL. Células de *E. coli* foram registradas em 98,8% das amostras analisadas, mas somente em P2, P3 e P5 apresentaram amostras com valores maiores do que o limite de 1000 NMP/100mL, recomendado pela legislação vigente para rios classe 2, sendo estas representadas pelos “outliers” na figura 15B. Os resultados da determinação de *E. coli* exibiu um comportamento semelhante às concentrações de DBO, apresentando valores elevados de contagem de *E. coli* nos pontos localizados em área urbana e coincidindo com período chuvoso. Em P2, o valor de *E. coli* ultrapassou o limite permissível no mês de março, enquanto P3 nos meses de março e julho e P5 nos meses março e setembro. Esses resultados sugerem contribuições distintas de *E. coli*. Os valores elevados nos meses de março (em P5) e julho (em P3) não estão relacionados com a precipitação pluviométrica. Acredita-se que tal fato se deve

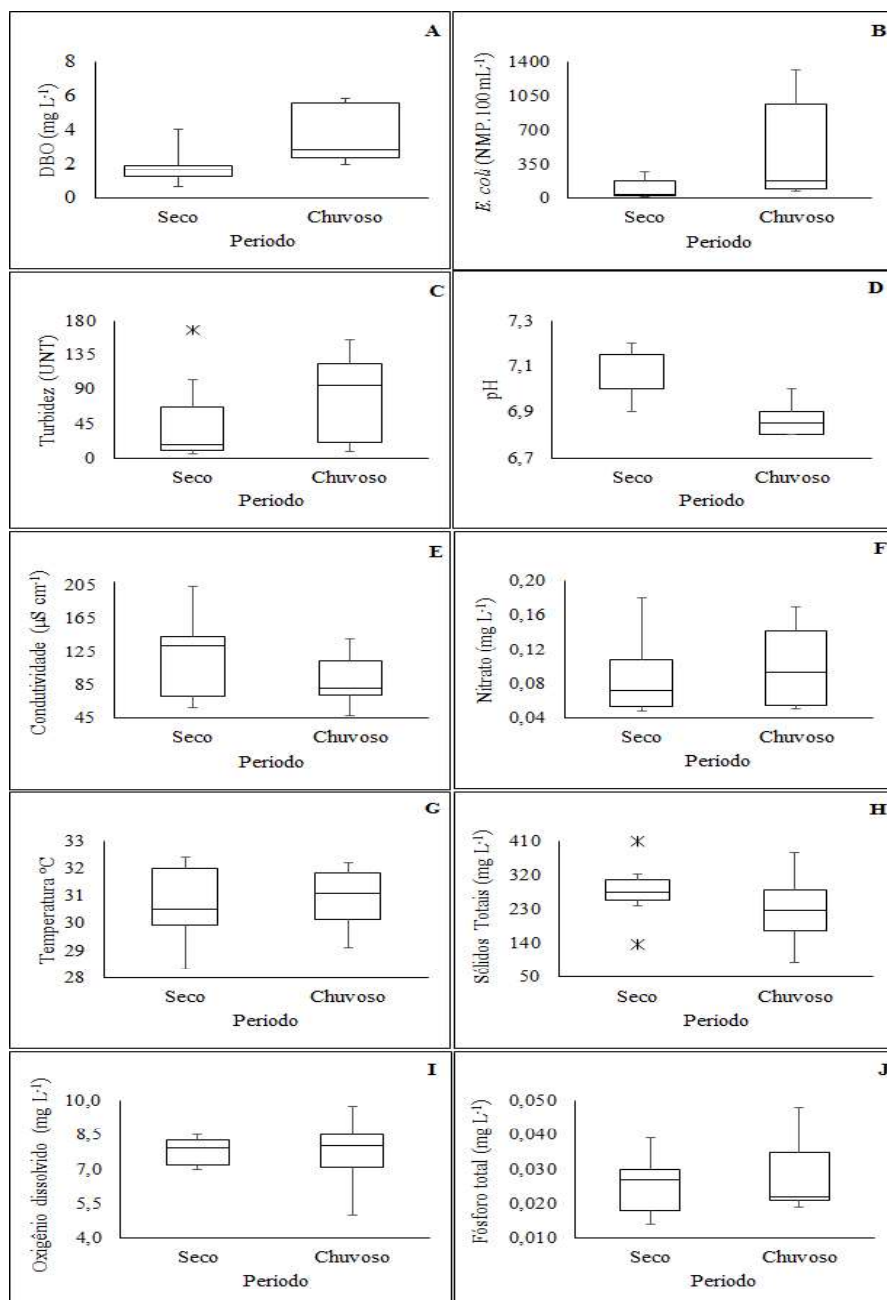
às fontes pontuais de lançamento de esgotos domésticos. Conforme a análise de variância, a variável *E. coli* apresentou diferenças estatísticas significativas entre os períodos seco e chuvoso ($H=10,442$ e $p=0,001$) e também apresentou diferenças estatísticas significativas entre os pontos monitorados ($H= 21,064$ e $p=0,002$). Resultado semelhante foi encontrado por Souza e Gastaldini (2014) ao estudar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Vacaraí-Mirim no Rio Grande do Sul e por Menezes et al. (2016) estudando a relação entre o uso e ocupação do solo com a qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho em Minas Gerais, onde obtiveram maiores valores da variável *E. coli* nas estações de coleta com influência da urbanização. Na análise de correlação de Spearman (Tabela 5) a variável *E. coli*, apresentou correlação significativa positiva com a temperatura ($\rho=0,22$) e correlação negativa com a variável sólidos totais ($\rho=-0,28$).

De acordo com a figura 14C, a turbidez apresentou mediana de 7,9 e 75 UNT no período seco e chuvoso, respectivamente. Em relação ao intervalo interquartil o período chuvoso apresentou maior variação (103,5 UNT) em relação ao período seco (57,7 UNT). Os pontos P1 e P7 foram os que apresentaram os maiores valores para turbidez, com 83% e 42% das amostras com valores acima do limite permitido de 100 UNT, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 (Figura 15C). Houve diferença estatística significativa entre os períodos seco e chuvoso ($H=4,887$ e $p=0,027$) e diferença extremamente significativa entre os pontos analisados ($H=61,559$ e $p< 0,0001$). Foi possível observar em campo que P1 e P7 possuem características semelhantes quanto à geologia, como também apresentaram áreas desprovidas de vegetação nativa, explicando a semelhança no comportamento da turbidez durante o período monitorado. Os valores elevados de turbidez nesses pontos indicam processo de erosão, cuja origem está relacionada ao manejo inadequado do solo da atividade agropecuária, aliado à ausência de vegetação nas margens do curso d'água. Haddad e Magalhães Júnior (2010) estudando a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio São Miguel em Minas Gerais, apontou diferenças espaciais em relação à concentração da turbidez, mostrando como áreas críticas àquelas desprovidas de vegetação ripária contribuindo para valores elevados de turbidez. A variável turbidez correlacionou-se negativamente com a variável condutividade elétrica ($\rho=-0,45$) e positivamente com fósforo total ($\rho=0,29$) e nitrato ($\rho=0,26$).

No que se refere ao pH (figura 14D) apresentou mediana de 7,0 e 6,9 no período seco e chuvoso, respectivamente, com máxima de 7,2 no período seco e mínimo de 6,8 no período chuvoso. Damasceno et al. (2015) no estudo sobre a avaliação sazonal da qualidade da água no rio Amazonas, no Amapá, também observou que no período chuvoso apresentou águas mais ácidas quando comparado ao período seco, podendo estar associada ao aumento do teor de

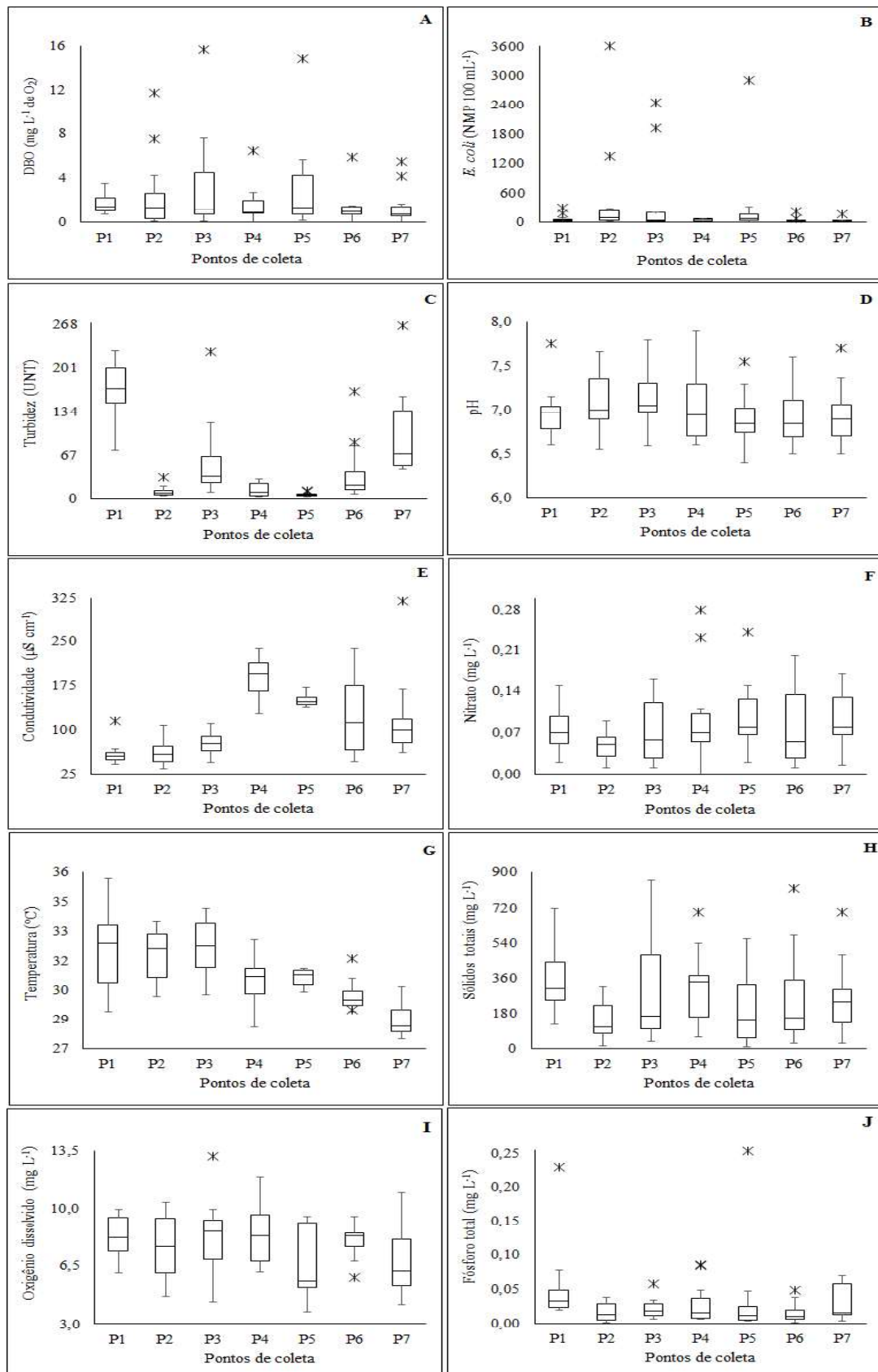
ácidos orgânicos. Os valores de pH em todos os pontos monitorados apresentaram valores dentro do intervalo de 6 a 9, conforme descrito na legislação ambiental para rios de Classe 2 (Figura 15D), valores semelhantes foram observados por Passig et al. (2015) ao estudar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Mourão no Paraná. A análise estatística apresentou diferença significativa entre o período avaliado ($H= 5,184$ e $p=0,023$), mas não apresentou diferenças entre os pontos monitorados. A análise de correlação (Tabela 5) apontou uma correlação significativa positiva do pH com sólidos totais ($\rho=0,31$) e temperatura ($\rho=0,23$).

Figura 14 - Distribuição sazonal das variáveis DBO (A), E. coli (B), turbidez (C), pH (D), condutividade (E), nitrato (F), temperatura (G), sólidos totais (H), OD (I) e Fósforo total (J), no período seco e chuvoso (2015).



Fonte: Pesquisa direta.

Figura 15 - Distribuição espacial das variáveis DBO (A), *E. coli* (B), turbidez (C), pH (D), condutividade (E), nitrato (F), temperatura (G), sólidos totais (H), OD (I) e Fósforo total (J), no período de janeiro a dezembro de 2015.



Fonte: Pesquisa direta.

Conforme a figura 14E, a condutividade elétrica apresentou mediana 132,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 80,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período seco e chuvoso, respectivamente. Em relação ao intervalo interquartil o período seco apresentou variação um pouco maior (73 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que o período chuvoso (40,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mas o teste de Kruskal-Wallis afirma que não houve diferença estatística significativa para essa variável em relação aos dois períodos avaliados ($H=3,249$ e $p=0,071$). Já entre os pontos a análise de variância apresentou uma diferença estatística significativa ($H=51,096$ e $p<0,0001$). Observou-se valores elevados para a condutividade elétrica em P4, P5, P6 e P7 (Figura 15E), apresentando as seguintes medianas, respectivamente: 194,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 147,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 111,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 99,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores elevados para a condutividade elétrica são provavelmente devido às contribuições distintas. Em áreas urbanas onde há lançamento efluentes domésticos sem tratamento, contribuem para o aumento da condutividade elétrica, tal situação observada em P5 que está localizado na cidade de Piracuruca. Resultado semelhante foi observado por Girardi et al. (2016) ao estudar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul em Santa Catarina e por Mateus et al. (2015) estudando a qualidade da água do rio Uberaba em Minas Gerais. Os valores elevados para condutividade elétrica em P7 situado em área rural com grande atividade de rizicultura, pode ser atribuído devido ao transporte de compostos iônicos utilizados na agricultura, tais como potássio, fósforo e nitrogênio. Viswanathan, Molson e Schirmer (2015) estudando a sazonalidade da qualidade da água do rio Thur na Suíça, encontraram os maiores valores de condutividade elétrica no período seco, dando o motivo o solo rico em solutos acumulado e capturado durante as precipitações recorrentes do período chuvoso. Os valores elevados de condutividade elétrica em P4 e P6, localizados em áreas rurais, também podem estar relacionados com as características naturais da bacia hidrográfica do Longá. O intemperismo das rochas pode contribuir para tal fenômeno. Esteves (2011) descreve que em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas da região onde se localizam. Conforme a tabela 5 a condutividade elétrica correlacionou-se negativamente com as variáveis turbidez ($\rho=-0,45$) e temperatura ($\rho=-0,34$).

Tabela 5 - Matriz de correlação das variáveis de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Longá.

	Temperatura	pH	Condutividade	Turbidez	Sólidos totais	OD	DBO	Nitrato	Fósforo total	<i>E. coli</i>	IQA
Temperatura	1,00										
pH	0,23	1,00									
Condutividade elétrica	-0,34	-0,04	1,00								
Turbidez	-0,03	-0,05	-0,45	1,00							
Sólidos totais	0,09	0,31	0,03	0,16	1,00						
OD	0,13	-0,02	0,07	0,06	0,00	1,00					
DBO	0,23	-0,14	0,00	0,10	-0,21	0,12	1,00				
Nitrato	-0,10	0,12	0,05	0,26	0,07	-0,03	0,04	1,00			
Fósforo total	-0,10	-0,10	-0,08	0,29	-0,07	-0,08	0,14	0,20	1,00		
<i>E. coli</i>	0,22	-0,02	-0,15	-0,14	-0,28	0,10	0,10	0,08	0,09	1,00	
IQA	-0,08	0,18	0,28	-0,60	-0,30	-0,03	-0,28	-0,30	-0,41	-0,28	1,00

Nota: Os valores em negrito são estatisticamente significativos para $p < 0,05$.

Fonte: Pesquisa direta.

A concentração do íon nitrato apresentou um aumento em seu limite superior, de 0,191 mg/L para 0,273 mg/L e medianas de 0,72 mg/L para 0,93 mg/L, o primeiro e terceiro quartil, no período chuvoso (Figura 14F). Apesar do período chuvoso apresentar valores mais elevados, não houve diferença estatística significativa entre os dois períodos analisados ($H= 3,571$ e $p=0,059$) e nem entre os pontos monitorados ($H= 8,170$ e $p=0,226$). Em todas as amostras recolhidas os resultados foram inferiores a 10 mg/L, valor definido na legislação ambiental para rios de classe 2, estando a bacia hidrográfica do rio Longá em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para essa variável (Figura 15F).

A Figura 14G ilustra a variação da temperatura da água nos pontos de amostragem durante os períodos seco e chuvoso, os valores mínimo e máximo, mediana e quartis inferior e superior das amostras. A análise de variância indicou que não houve diferença estatística significativa ($H=0,378$ e $p=0,539$) entre os períodos, oscilando no período seco com máxima de 32,4°C e no período chuvoso na faixa de 32,2°C. O CONAMA em sua Resolução nº 357/2005, estabelece como limite o valor de 40°C. Sendo assim, os valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com a legislação vigente (Figura 15G).

Os sólidos totais (Figura 14H) apresentaram medianas de 275,6 mg/L e 228,0 mg/L nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Portanto, não houve diferença estatística significativa entre os períodos ($H=0,659$ e $p=0,417$) e nem entre os pontos monitorados ($H=11,653$ e $p=0,070$). As maiores produções de sedimentos foram observadas nas estações de coleta com características rurais que são P1, P4 e P7, apresentando os maiores valores de medianas, 310 mg/L, 340 mg/L e 240 mg/L, respectivamente (Figura 15H). Acredita-se que seja devido a práticas agrícolas caracterizadas pelo plantio próximo ao leito do rio bem como criação de animais com desmatamento da vegetação nativa, práticas que aumentam o poder de erosão e perda de solo. Já o ponto P3 foi o que apresentou o maior valor observado para essa variável, apresentando concentração máxima de 860 mg/L no mês de janeiro. Essa estação de coleta está localizada na zona urbana no município de Esperantina. Característica semelhante foi observado por Menezes et al. (2016) estudando a relação entre os padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho em Minas Gerais, onde observou que os maiores valores de sólidos na água (sólidos totais e turbidez) são em seções com forte ocupação agrícola e urbana. Observou-se que 14,3% das amostras coletadas apresentaram valores acima do limite permitido estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 de 500 mg/L, sendo P1 e P3 o que apresentaram maior frequência em desacordo, 25% cada e apenas P2 não apresentou amostras fora dos padrões estabelecidos.

Para o oxigênio dissolvido (Figura 14I) foi observado que os períodos seco e chuvoso apresentaram medianas de 7,9 mg/L e 8,0 mg/L, respectivamente. Não houve diferenças estatísticas significativas entre os períodos ($H=0,059$ e $p=0,808$) e entre os pontos ($H=8,435$ e $p=0,208$) para essa variável. A mediana em todos os pontos monitorados estiveram acima do limite exigido pela legislação ambiental (CONAMA, 2005) para rios classe 2 (5 mg/L), embora 7,1% das amostras apresentarem valores inferiores. Os menores valores de OD foram observados em P2, P3 e P5, que apresentaram 4,7 mg/L, 4,3 mg/L e 3,8 mg/L, respectivamente (Figura 15I). Levando em conta que um bom nível de O_2 é de extrema importância para a respiração aeróbica dos organismos, pode-se dizer que a bacia hidrográfica do rio Longá possui um ambiente propício aos organismos que o habitam em todos os pontos analisados.

Com relação aos resultados observados em períodos distintos, o fósforo total (Figura 14J), expressou medianas 0,027 mg/L e 0,022 mg/L nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Essa variável não apresentou diferença estatística significativa entre períodos seco e chuvoso ($H=0,904$ e $p=0,342$), mas apresentou diferença significativa entre os pontos monitorados ($H=13,111$ e $p=0,041$).

Os resultados obtidos pelo teste Kruskal-Wallis apontam que as variáveis *E. coli*, pH, turbidez, nitrato, condutividade elétrica e DBO com diferença sazonal significativa. Todas aumentam as medianas no período chuvoso. Contudo, não se descarta a hipótese de que outras variáveis também sofram interferência da precipitação, devido à dificuldade de mensurar temporalmente as influências das chuvas sobre as variáveis de qualidade da água (ROCHA; PEREIRA, 2016).

5.2 Índice de Qualidade da Água - IQA

Por meio dos parâmetros físico-químicos e biológico, pôde-se estabelecer o IQA para os cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Longá. Após aplicação do teste não-paramétrico e coeficiente de variação pode-se afirmar que as diferenças entre as médias dos períodos são estatisticamente significativas com relação ao IQA ($H=10,058$ e $p=0,002$). O período seco apresentou valor mais elevado quando comparado com o período chuvoso (Tabela 6), no entanto, os dois períodos enquadram-se na categoria “BOA” segundo a CETESB (2015).

Os pontos amostrais ao longo do rio Longá e seus afluentes tiveram suas águas classificadas como de qualidade “ÓTIMA” a “REGULAR”. Os pontos com maior frequência na categorização "ÓTIMA" foram P2 e P6, com 50% e 58,3%, respectivamente. O ponto P2 está localizado em área urbana, enquanto P6 na zona rural. O que pode ter contribuído para a

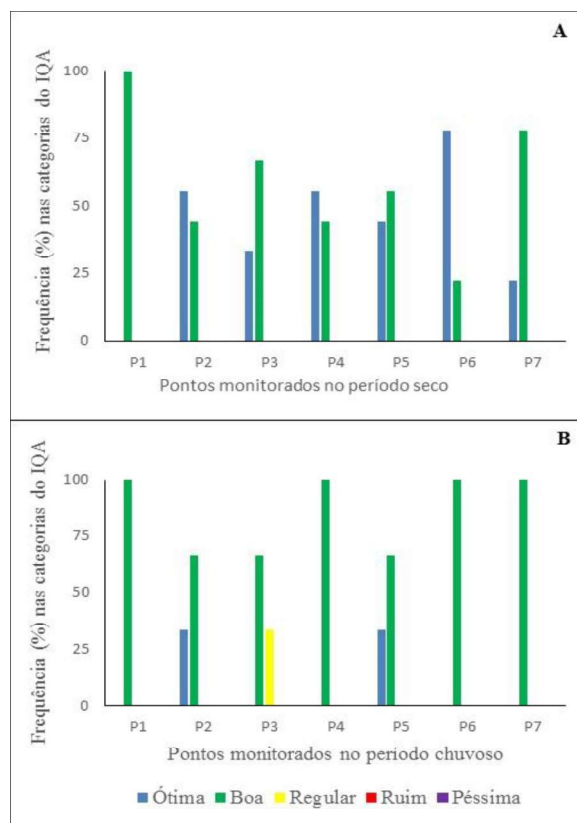
elevação do IQA em P2 foram os valores baixos para as variáveis turbidez e sólidos totais. Já em P6 os baixos valores para DBO e *E. coli* podem ter contribuído para valores elevados do IQA. O ponto P3 foi o único que esteve na categorização "Regular", com a frequência de 8,3% (Figura 5).

Tabela 6 - Distribuição do IQA segundo a média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%).

Pontos	Índice de Qualidade da Água					
	Seco	DP	CV	Chuvoso	DP	CV
P1	62	±4,90	7,88%	65	±7,29	11,24%
P2	79	±4,31	5,48%	71	±8,13	11,39%
P3	76	±6,60	8,64%	55	±7,61	13,92%
P4	79	±6,39	8,07%	77	±0,98	1,28%
P5	78	±5,59	7,20%	71	±11,74	16,49%
P6	84	±3,98	4,73%	68	±4,89	7,15%
P7	71	±7,39	10,42%	70	±8,62	12,28%
Média	76	±5,59	7,49%	68	±7,04	10,54%

Fonte: Pesquisa direta.

Figura 16 - Frequência nas categorias do IQA_(CETESB) da bacia hidrográfica do rio Longá.

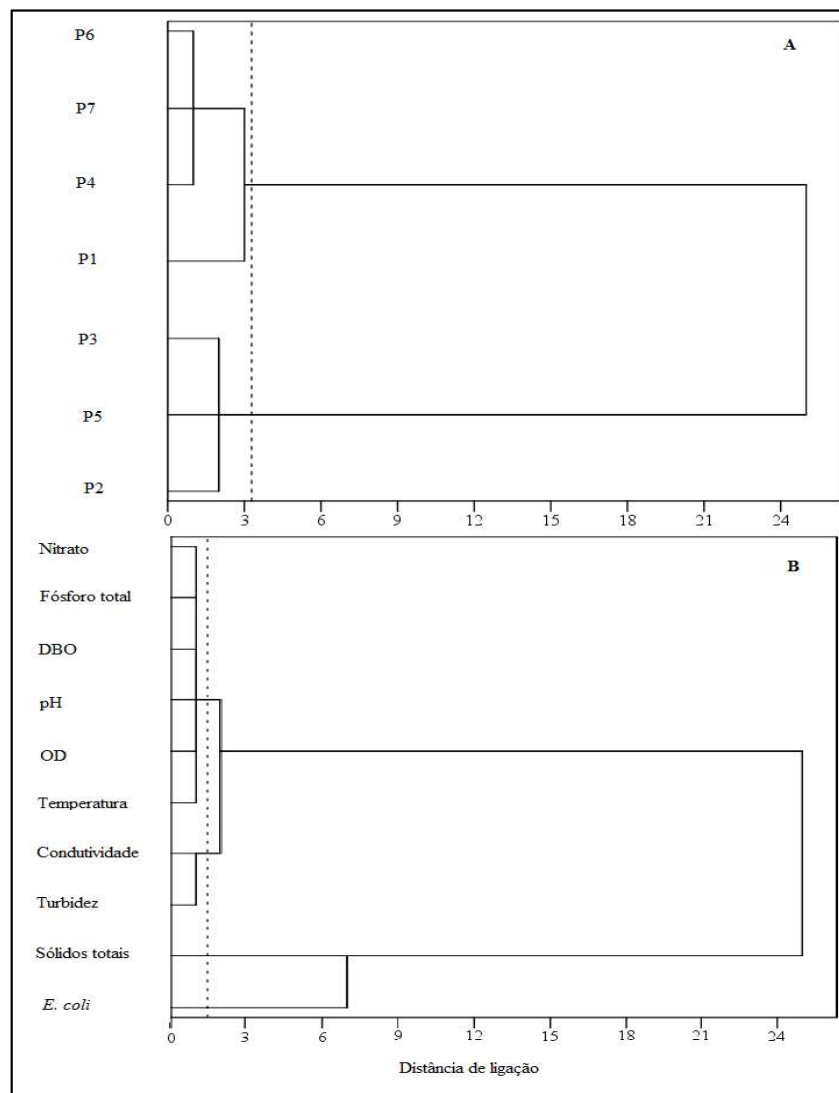


Fonte: Pesquisa direta.

5.3 Análises estatísticas multivariada

Com o intuito de avaliar a tendência espacial, foi realizada a análise multivariada de agrupamento com os dados de qualidade de água. O procedimento de agrupamento gerou dois grupos distintos, com características semelhantes quanto ao uso e ocupação do solo (Figura 5A): Grupo 1 (seção P1, P4, P6 e P7) e Grupo 2 (seção P2, P3 e P5). Os dois grupos correspondem aos pontos localizados em área rural e urbana, respectivamente. Em relação as variáveis o procedimento de agrupamento gerou quatro grupos distintos com características semelhantes em relação aos tipos de contaminação (Figura 5B): Grupo 1 (*E. coli*), Grupo 2 (sólidos totais), Grupo 3 (condutividade e turbidez) e Grupo 4 (nitrito, fósforo total, DBO, pH, OD e temperatura).

Figura 17 - Dendrograma do agrupamento das seções monitoradas (A) e das variáveis analisadas (B).



Fonte: Pesquisa direta.

Os resultados das análises preliminares, que visaram testar a adequacidade dos dados à AF/ACP, possibilitaram o emprego de tal metodologia. Ao testar a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, teste de esfericidade de Bartlett ($p < 0,005$), foi descartada a hipótese nula, verificando a existência de correlações significativas entre as variáveis. Outro teste utilizado foi o índice de adequação da amostra (KMO), que segundo Hair et al. (2009), quantifica o grau de intercorrelação entre as variáveis. O resultado encontrado foi $KMO = 0,507$, o que permite a aplicação da análise.

A ACP realizada para as dez variáveis revelou a existência de quatro componentes principais (CP), sendo que a variância acumulada foi de 58,64% para os dados de qualidade da água. A tabela 7 apresenta a matriz rotacionada de pesos fatoriais que indica a contribuição que cada variável possui na componente principal. Conforme Rocha e Pereira (2016), esse valor deve ser maior que o valor absoluto de 0,5 e deve corresponder a uma única componente.

Tabela 7 - Cargas fatoriais com rotação das variáveis para os CP encontrados.

Parâmetros	Componente Principal			
	1	2	3	4
Condutividade	-0,80	0,01	0,02	0,21
Turbidez	0,60	0,00	-0,21	0,47
DBO	0,00	0,81	0,06	0,05
<i>E. coli</i>	0,02	0,50	-0,04	-0,16
Temperatura	0,36	0,15	0,55	-0,18
pH	-0,08	-0,27	0,49	0,10
Fósforo total	0,08	0,05	-0,38	0,08
OD	-0,02	0,10	0,20	0,05
Sólidos totais	0,06	-0,25	0,28	0,38
Nitrato	-0,07	-0,02	-0,03	0,30
Autovalor	1,74	1,53	1,48	1,12
% Variância explicada	17,37	15,28	14,83	11,16
% Variância acumulada	17,37	32,65	47,48	58,64

Nota: Método de rotação de variáveis VARIMAX com normalização de Kaiser.

Fonte: Pesquisa direta.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 7 a CP1 explicou cerca 17,37% da variância total dos dados e teve como variável mais expressiva a condutividade elétrica cujo

autovalor foi de -0,80. A variável turbidez também desta componente apresentou resultado expressivo de 0,60 e a que apresentou maior número de correlações (Tabela 5). A CP1 demonstra uma relação inversa entre as variáveis condutividade e turbidez. Situações como essas já foram registradas em outros estudos, como o de Arruda, Rizzi e Miranda (2015) pesquisando sobre a qualidade da água do reservatório de Foz do Areia – Paraná e Maimuna e Victor (2012), em rios da Nigéria. Segundos os autores, essa relação inversa ocorreu tanto no período seco como no período chuvoso. Sendo a condutividade a medida indireta de íons dissolvidos na água e a turbidez podendo estar associada à ocorrência de poluentes não iônicos, como matéria orgânica. Além do indicativo de poluição difusa por material oriundo de áreas agrícolas e urbanas da bacia hidrográfica do rio Longá, acredita-se que houve contribuição de fatores ambientais, pois como já mencionado, a composição geológica da região de estudo pode ter influenciado nos valores elevados para a variável turbidez. Da mesma forma, Girão et al. (2007) verificaram que as características químicas da área sedimentar da bacia e a poluição orgânica foram determinantes na qualidade das águas do rio Jaibaras, no Ceará, além da presença de esgotos domésticos.

A CP2 correspondeu a 15,28% da variação total dos dados para a qualidade da água, formada pelas variáveis DBO e *E. coli*. Dentre todas as componentes a DBO foi a mais expressiva, com valor de 0,81. Esse resultado reforça a importância dessa variável, que é um dos mais utilizados para indicação de qualidade da água (ROCHA; PEREIRA, 2016). A associação dessas variáveis indica que as águas da bacia hidrográfica do rio Longá sofrem contaminação por meio de despejos de efluentes domésticos in natura. Considera-se esperada tal condição, pois não existe tratamento de esgoto nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Longá. Resultados demonstrando o mesmo comportamento foram encontrados por Andrade et al. (2005), ao estudarem a qualidade das águas do rio Trussu, no Ceará.

De forma geral, os demais CP são resultados da pressão que atividades antropogênicas exercem sobre os corpos hídricos. O CP3 explicou uma variação de 14,83% e as variáveis que o compõem são temperatura, pH e fósforo total, sendo o último apresentando uma correlação negativa. Acredita-se que a relação inversa entre os valores de pH e fósforo total seja devido a precipitação dos íons fosfatos presente na água com a elevação do pH. Esta componente está relacionada com fontes de poluição antrópicas causadas pelo uso de fertilizantes nas atividades agrícolas.

O CP4 apresentou uma fraca correlação positiva com sólidos totais e nitrato, correspondendo a uma variação de 11,16% nos dados. As variáveis significativas na quarta

componente pode ser indicativo de fonte de poluição agrícola oriundo do escoamento superficial dos insumos como fertilizantes utilizados nos projetos de irrigação. A correlação entre sólidos totais e nitrato também foi observada por Voza et al. (2016) estudando a qualidade da água do rio Danube, Sérvia.

Os resultados obtidos pela AF/ACP indicam que as mudanças na qualidade da água ocorrem principalmente sob a influência de sais dissolvidos na água na forma de íons dissociados de origem natural e poluentes orgânicos (antropogênicos). Considerando que 5 das 10 variáveis analisadas foram significativas ($>0,50$) para responder 58,64% da variância total dos dados, pode-se concluir que a análise fatorial causou uma redução significativa de dados.

6.0 CONCLUSÕES

Entre todas as variáveis analisadas, as mais representativas da variabilidade sazonal da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Longá foram *E. coli*, IQA, pH e turbidez e as mais representativas da variabilidade espacial foram temperatura, condutividade, turbidez, fósforo, *E. coli* e IQA.

Constatou-se que as características dos rios da bacia hidrográfica do rio Longá há pouca interferência na sua qualidade. Porém, a falta de tratamento para o esgoto doméstico nas cidades Barras, Esperantina e Piracuruca piora a qualidade da água no período chuvoso, intensificando o processo de degradação dos rios. Os corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Longá apresentaram maiores conformidades com a legislação ambiental, segundo os padrões estabelecidos para classe 2 do CONAMA nº 357/2005, sendo que no período chuvoso, algumas variáveis apresentaram inconformidade como a turbidez, DBO, *E.coli*. Este comportamento é reflexo, principalmente, de fontes de poluição difusas, de origem urbana (ausência de tratamento dos esgotos domésticos) e origem agrícola (desmatamento, rizicultura, pecuária). Neste estudo não se observou grandes inconformidades que indicasse grandes fontes pontuais de poluição (lançamentos de efluentes industriais).

Quanto ao IQA, a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Longá manteve-se na categoria "Boa", sofrendo uma pequena variação na qualidade apenas em P3 que no período seco apresentou-se na categoria "Regular". Nos demais pontos a qualidade da água foi classificada entre Boa e Ótima.

A análise de componentes principais identificou que a DBO e *E. coli* como sendo fatores determinantes na identificação de focos de contaminação e poluição, especialmente por esgotamento sanitário.

Com vistas à diminuição dos níveis de não conformidade com o enquadramento, é fundamental que haja mais investimentos em coleta e tratamento de esgotos domésticos e em ações para atenuação das cargas difusas oriundas dos episódios de chuva.

Considerando a premissa de que a Resolução CONAMA nº 357/2005 deve servir como ferramenta de planejamento dos recursos hídricos, espera-se que os resultados deste trabalho sirvam de ferramenta para planejar a melhoria progressiva dos rios com especial atenção aos usos mais nobres da água e com vistas à sustentabilidade em longo prazo.

Ressalta-se a importância da implantação na região de medidas de coleta e tratamento de efluentes, uma forma de melhorar os valores das variáveis relacionadas à entrada de matéria orgânica, visto que em áreas urbanas apresentaram variáveis fora dos padrões estabelecidos

pela legislação. O desmatamento da mata ciliar nas margens do rio Longá, seria outra questão a ser abordada, pois a falta dela ocasiona a entrada de materiais provenientes das atividades antrópicas.

Espera-se que os resultados obtidos ao longo deste estudo, possam contribuir fornecendo subsídios para a adoção de políticas públicas de monitoramento e também como instrumento para auxiliar os órgãos gestores na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 115–124, 2012.
- ALVES, E. C.; SILVA, C.F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUSA FILHO, E. E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó- Maringá. Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Sci. Technol.** v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Sistema de Monitoramento Hidrológico**. Disponível em: <http://mapas-hidro.ana.gov.br/Usuario/mapa.aspx>. Acesso em: 07 mar. 2016.
- _____. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: 2012.
- _____. **Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2014**. Brasília, 2015. 103p.
- _____. **Indicadores de qualidade – índice de qualidade das águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 15 mai. 2016.
- ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agrônoma**. v. 36, n. 2, p. 135-142, 2005.
- ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G., ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, Taubaté, jan/mar. 2016.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for the Examination of water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- ARAÚJO, J. L. L.; SOUSA, A. R. P. O rio Longá e o povoamento do norte do Piauí. **História Revista**, v. 14, n. 2, 2009.
- ARRUDA, N. M. B.; RIZZI, N. E.; MIRANDA, T. L. G. Análise multivariada na avaliação da qualidade de água do reservatório de Foz do Areia, estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 37, p. 26-37, 2015.
- BAPTISTA, João Gabriel. **Geografia física do Piauí**. 3. ed. Teresina: COMEPI, 1981. 361p.
- BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013.
- BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 107-117, 2013.

BEZERRA, J. M.; SILVA, P. C. M.; BATISTA, R. O.; PINTO, C. H. C.; FEITOSA, A. P. Análise dos indicadores de qualidade da água no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró em Mossoró - RN, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3443-3454, març. 2013.

BHARTI, N.; KATYAL, D. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 2, n.1, p. 154-173, 2011.

BLUME, K. K., MACEDO, J. C., MENEGUZZI, A., SILVA, L. B., QUEVEDO, D. M., RODRIGUES, M. A. S. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1185-1193, 2010.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D. F., p. 470, 09 jan. 1997.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D. F., 05 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em 30 de maio. 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, D. F., p. 58-63, 18 mar. 2005.

BORGES, R. C.; dos SANTOS, F. V.; CALDAS, V. G.; LAPA, C. M. F. Use of geographic information system (GIS) in the characterization of the Cunha Canal, Rio de Janeiro, Brazil: effects of the urbanization on water quality. **Environmental earth sciences**, v. 73, n. 3, p. 1345-1356, fev. 2015.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, 2000.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio**. São Paulo. 3. ed. SENAC: São Paulo, 2003.

CARVALHO, W. M., VIEIRA, E. O., ROCHA, J. M. J., PEREIRA, A. K. S, CARMO, T. V. B. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do córrego do Malheiro, no município de Sabará-MG. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 398-412, jul/set. 2009.

CARVALHO, K. Q., LIMA, S. B., PASSIG, F. H., GUSMÃO, L. K., SOUSA, D. C., KREUTZ, C., BELINI, A. D., ARANTES, E. J. Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015.

CASTRO, C. M.; FERREIRINHA, M. M. A Problemática Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Desafios para a Gestão dos Recursos Hídricos. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 71-77, 2012.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2015. Apêndices C e D.** São Paulo: CETESB, 2016. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

COLETTI, C.; TESTEZLAF, R.; RIBEIRO, T. A. P.; SOUZA, R. T. G.; PEREIRA, D. A. Water quality index using multivariate factorial analysis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 517-522, 2010.

CORDEIRO, G. G.; GUEDES, N. M.; KISAKA, T. B.; NARDOTO, G. B. Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 702-710, 2016.

CORDELL, D.; DRANGERT, J.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v.19, p. 292-305, 2009.

CORDELL, D.; WHITE, S. Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security. **Sustainability**, v. 3, p. 2027-2049, 2011.

COSTA, D. J. L., TEIXEIRA, D. Aplicação de modelo de autodepuração para avaliação da qualidade da água do Ribeirão do Ouro, Araraquara - SP. **Revista UNIARA**. v. 13, n. 1, jul. 2010.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.; LAMPARELLI, M. C.; MENEGON JR, N. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005 - 2009). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n. 2, p. 159-168, abr/jun. 2013.

DAMASCENO, M. C. S.; RIBEIRO, H. M. C; TAKIYAMA, L. R.; PAULA, M. T. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 598-613. 2015.

ELMIRO, M. A. T.; FREITAS, C. R.; DUTRA, L. V.; ROSA, G. Análise da Redução do Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizando Ambientes de Geoprocessamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA**, 2005, Macaé.

ESTEVES, Francisco de Assis (Coord.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015.

FRAGA, R. S., TAVARES, V. E. Q., TIMM, L. C., ESTRELA, C. C., BARTELS, G. K. Influência da precipitação sobre parâmetros de qualidade da água utilizada para irrigação do morangueiro no município de Turuçuru-RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 1-4, p. 81-94, jan/mar. 2012.

GIRARDI, R.; PINHEIRO, A.; TORRES, E.; KAUFMANN, V.; GARBOSSA, L. H. P. Evolution of physicochemical species concentration in streams based on heavy rainfall event

data obtained for high-frequency monitoring. **Brazilian Journal of Water Resources**, v.21, n. 4, 2016.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.17-24, 2007.

GONÇALVES, J. C. S. I.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; DIBIAZI, A. L. B.; GODOY, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012.

GÖRANSSON, G.; LARSON, M.; BENDZ, D. Variation in turbidity with precipitation and flow in a regulated river system - river Göta Älv, SW Sweden. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, p. 2529–2542, 2013.

HADDAD, E. A.; MAGALHÃES JÚNIOR., A. P. Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do alto São Francisco, Minas Gerais. **Geosul**, Florianópolis, v. 25, n. 49, p. 79-102, jan/jun. 2010.

HAIR JÚNIOR. J. F.; BLAC, W. C.; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

IBGE, Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Cidades@**: Censo demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2016

KAISER, H. F.; The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, p. 187-200, 1958.

KALSCHEUR, K. N.; PENSKAR, R. R.; DALEY, A. D.; PECHAUER, S. M.; KELLY, J. J.; PETERSON, C. G.; GRAY, K. A. Effects of anthropogenic inputs on the organic quality of urbanized streams. **Water Research**, v. 46, p. 2515-2524, 2012.

KONZEN, G. B.; FIGUEIREDO, J. A. S.; QUEVEDO, D. M. History of water quality parameters – a study on the Sinos river/Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2, p. 1-10, 2015.

LANNA, A. E. **Modelos de Gerenciamento das Águas**. In: A água em revista – Revista técnica da CPRM, ano V, n. 8, 1997.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MACHADO, I. B. **Piracuruca: iniciando geografia e história**. Piracuruca: PI, 2008.

MAIMUNA, W.; VICTOR, O. O. Prediction of some water quality indices in river Yobe - Nigeria, through annual projections. **Frontiers in Science**, v. 2, n. 4, p. 58-61, 2012.

MATEUS, M. V.; GONÇALVES, J. C. S. I.; LOPES JR., G. B.; OKURA, M. H. Análise de incerteza e modelagem de qualidade da água do rio Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 37, p. 1-15, 2015.

MENDES, L. S., FERREIRA, I. M. influência da sazonalidade na qualidade da água bruta no município de Ituiutaba - MG. **Hygeia**, n. 10, v. 19, p. 97 -105, dez. 2014.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba**. Brasília: 2006.

MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 29-42, 2012.

MULLER, T.; GRANADA, C. E.; SPEROTTO, R. A. Qualidade da água de três locais com potenciais fontes de contaminação no Rio Taquari, RS. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico do baixo rio Parnaíba: subsídios técnicos, relatório final**. Brasília: MMA/SDS, 2002. 92p.

ORLANDO, D. V.; PENEREIRO, J. C. Evolução hidro-climática do nordeste brasileiro: Aplicações de séries temporais para identificação de tendências. **IN: XIX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 2014, Campinas. Anais do XIX Encontro de iniciação científica. Campinas: UNICAMP, 2014. ISSN 1982-0178.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, n. 6, p. 732-740, 2016.

PANTE, A. R.; NÓBREGA, M. T.; FREITAS, M. A. S. Disponibilidade hídrica superficial nas bacias dos rios Poti e Longá. In: **VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 2004, São Luís. Anais do VII Simpósio de recursos hídricos do Nordeste, 2004.

PASSIG, F. H.; LIMA, S. B.; CARVALHO, K. Q.; HALMEMAN, M. C. R.; SOUZA, P. C.; GUSMÃO, L. K. Monitoring of urban and rural basins: water quality of Mourão basin. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 158-164, 2015.

PEIXINHO, F. C. **Gestão sustentável dos Recursos Hídricos**. XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luís: [s.n.]. 2010.

PESCE, S. F.; WUNDERLIN, D. A. Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba city (Argentina) on Suquia river. **Water Research**, v. 34, n. 2, p. 2915-2926, 2000.

PIASENTIN, A. M.; SEMENSATTO JUNIOR, D. L.; SAAD, A. R.; MONTEIRO JUNIOR, A. J.; RACZKA, M. F. Índice de Qualidade da Água (IQA) do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise Sazonal e Efeitos do Uso e Ocupação do Solo. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 305–317, 2009.

PIAUI. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Piauí - Relatório Síntese**. Piauí: 2010.

PIRES, N. L.; MUNIZ, D. H. F.; KISAKA, T. B.; SIMPLICIO, N. C. S.; BORTOLUZZI, L.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Impacts of the Urbanization Process on Water Quality of Brazilian Savanna Rivers: The Case of Preto River in Formosa, Goiás State, Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, p. 10671-10686, ago. 2015.

POONAM, T.; TANUSHREE, B.; SUKALYAN, C. Water quality indices - Important tools for water quality assessment: A review. **Internacional Journal of Advences in Chemistry**, v. 1, n. 1, nov. 2013.

POMPÊO, C. A.; RIGOTTI, J. A.; FREITAS FILHO, M. D. Urban stream condition Assessment. In: **12nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE**, 10-15 sep. 2011, Porto Alegre.

PORTO, M. F. A. e PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

RANGEL, M. L. **A influência da urbanização na qualidade da água: Barragem Mãe D'água - Porto Alegre - RS**. In: X ENCONTRO DE GEOGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 2005, São Paulo. Anais do X Encontro de geógrafos da América Latina, Universidade de São Paulo: 2005. p. 12335 - 12358.

REIS, L. G. M. Planejamento e gestão de recursos hídricos. In: Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos, 2005. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/07-Planejamento-GRH-220909.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 176-187, 2016.

RUBIO-ARIAS, H.; CONTRERAS-CARAVEO, M.; QUINTANA, R. M.; SAUCEDOTERAN, R. A.; PINALES-MUNGUÍA, A. An overall water quality index (WQI) for a man-made aquatic reservoir in Mexico. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 9, 2012.

SCHERER, K.; GRANADA, C. E.; STÜLP, S.; SPEROTTO, R. A. Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface (*Lactuca sativa L.*). **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 665-675, 2016.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C.; **Introdução ao gerenciamento dos recursos hídricos**. 2ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de estudos e informações hidrológicas, 2000. 207p.

SIQUEIRA, G.W., APRILE, F., MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **Acta Amazônica**, v. 42(3), p. 413-422, 2012.

SILVA, C. H. R. T. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil. **Boletim do Legislativo**. n. 23, 2012. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/242667>. Acesso em: 23 ago. 2015.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v.38, p. 733 - 742, 2008.

SOUSA, A. R. P. **Turismo sustentável e desenvolvimento local no parque ecológico Cachoeira do Urubu em Esperantina e Batalha no Piauí**. 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

SOUSA, A. R. P, ARAÚJO, J. L. L. O rio Longá e o povoamento do norte do Piauí. **História Revista**. v. 14, p. 1-16, 2009. ISSN on-line 1984-4530.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014.

TERNUS, R. Z; SOUZA-FRANCO, G. M; ANSELMINI, E. K; MOCELLIN, D. J. C; MAGRO, J. D. Influence of urbanisation on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 2, p. 189-199, abr/jun. 2011.

TYAGI, S.; SHARMA, B.; SINGH, P.; DOBHAL, R. Water Quality Assessment in Terms of water quality index. **American Journal of Water Resources**, v. 1, n. 3, p. 34-38, 2013.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p.181-86, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

VERÍSSIMO, F. A. D.; FERREIRA, M. I. P. Aplicação do índice de qualidade da água (IQA) para caracterização do baixo curso do Rio São João. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 7, n. 2, p. 181-197, 2014.

VIEIRA, E. O. **Águas superficiais e subterrâneas**. Montes Claros: UFMG/NCA, 2006.

VISWANATHAN, V. C.; MOLSON, J.; SCHIRMER, M. Does river restoration affect diurnal and seasonal changes to surface water quality? A study along the Thur River, Switzerland. **Science of the Total Environment**, n. 532, p. 91-102, 2015.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VOZA, D.; VUKOVIC, M.; TAKIC, Lj.; NICOLIC, Dj.; MLADENOVIC-RANISAVLJEVIC, I. Application of multivariate statistical techniques in the water quality assessment of Danube river, Serbia. **Archives of Environmental Protection**, v. 41, n. 4, p. 96-103, 2015.

WILSON, P. C. Water quality notes: water clarity (turbidity, suspended solids, and color). University of Florida - IFAS Extension, 2010. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/SS/SS52600.pdf>>. Acesso em: 25 de ago. 2016.

XAVIER, Y. M. A.; BEZERRA, N. F. **Gestão legal dos recursos hídricos dos Estados do Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2005. 187p.

APÊNDICE A - Resultados das análises de água por ponto de coleta

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P1.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	30,5	7,1	114,2	6,09	3,20	0,070	0,040	108,8	720	12,4
Fev	29,9	6,6	42,0	9,52	3,19	0,090	0,077	159,7	214	189,2
Mar	30,0	6,9	52,8	7,50	1,15	0,060	0,043	210,7	260	299,6
Abr	33,4	7,0	48,0	8,83	1,03	0,020	0,023	93,5	320	39,2
Mai	31,6	6,8	66,0	9,41	3,51	0,060	0,023	74,7	640	38,8
Jun	32,2	7,8	55,0	9,96	1,40	0,150	0,022	167,4	120	16,4
Jul	28,9	7,0	47,0	6,37	1,42	0,130	0,230	166,3	280	98,4
Ago	33,6	7,0	49,7	7,50	0,73	0,030	0,021	172,3	380	34,0
Set	33,2	7,2	57,0	9,02	1,22	0,120	0,043	187,8	680	16,4
Out	32,6	6,8	60,8	7,58	1,02	0,089	0,064	204,3	200	16,4
Nov	35,7	6,8	60,7	9,74	1,88	0,030	0,019	200,3	360	25,2
Dez	33,3	6,8	67,4	7,08	1,70	0,070	0,025	227,9	300	20,8

OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P2.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	30,0	7,6	91,7	6,89	7,55	0,050	0,035	12,0	220	51
Fev	30,6	6,6	82,9	10,35	11,74	0,070	0,038	8,7	12	285
Mar	31,1	6,7	107,2	9,31	0,22	0,050	0,026	5,3	300	3609
Abr	33,5	7,0	33,7	9,60	0,09	0,030	0,001	33,4	160	31
Mai	32,2	7,0	45,1	4,68	4,30	0,030	0,005	15,3	240	52
Jun	32,5	7,7	47,4	6,60	1,51	0,080	0,011	6,5	80	41
Jul	29,7	6,9	42,3	5,91	1,09	0,040	0,034	5,3	80	142
Ago	33,3	7,2	46,7	5,18	1,07	0,010	0,002	5,0	100	86
Set	32,0	7,3	57,4	6,11	0,33	0,090	0,019	4,7	320	1354
Out	32,7	7,5	58,2	8,43	0,37	0,061	0,015	19,8	60	130
Nov	33,4	6,9	59,4	9,15	1,62	0,010	0,006	8,5	120	228
Dez	30,7	6,9	69,4	9,86	2,09	0,060	0,005	11,4	20	52

OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P3.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	31,0	7,6	90,9	13,15	7,60	0,040	0,034	9,7	860	12,4
Fev	32,2	6,6	110,2	9,92	15,72	0,070	0,034	117,7	36	2452,4
Mar	30,1	7,0	59,1	4,31	0,13	0,150	0,015	225,8	840	34,0
Abr	34,2	7,0	44,4	9,85	5,71	0,160	0,012	68,4	260	211,6
Mai	34,2	7,2	87,5	7,16	4,16	0,120	0,018	63,1	80	52,8
Jun	32,3	7,8	66,0	8,73	1,15	0,120	0,017	34,4	160	38,8
Jul	29,8	6,8	62,5	6,10	0,48	0,060	0,058	35,3	100	1914,4
Ago	33,8	7,2	67,1	6,02	1,25	0,010	0,007	34,8	600	30,0
Set	33,3	7,1	72,4	9,10	0,83	0,030	0,027	25,7	440	56,4
Out	33,0	7,6	79,8	8,93	0,83	0,056	0,018	23,4	120	52,8
Nov	31,3	6,9	81,7	8,43	1,50	0,010	0,006	25,0	100	16,4
Dez	31,2	7,0	92,0	8,09	0,66	0,020	0,006	29,5	180	204,8

OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P4.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	31,0	7,7	237,0	11,92	2,46	0,230	0,033	26,2	540	38,8
Fev	31,1	6,8	167,6	7,37	6,47	0,280	0,048	24,6	108	70,0
Mar	28,1	7,2	126,7	9,64	0,00	0,090	0,015	23,0	420	69,2
Abr	31,1	6,9	127,7	6,85	0,90	0,100	0,019	30,1	360	86,4
Mai	31,0	6,6	204,0	7,00	0,85	0,060	0,084	5,4	300	24,8
Jun	29,6	7,6	185,6	6,39	0,78	0,060	0,009	4,3	180	28,8
Jul	28,7	6,6	161,5	6,12	0,97	0,000	0,086	3,5	60	48,0
Ago	31,5	7,0	177,4	9,28	0,90	0,010	0,007	4,0	700	58,4
Set	32,6	7,2	210,0	9,61	0,68	0,110	0,017	5,3	360	81,2
Out	30,4	7,9	211,0	6,48	1,11	0,081	0,008	7,9	360	12,4
Nov	30,1	6,7	217,0	9,29	2,73	0,060	0,008	14,3	320	12,4
Dez	29,9	6,7	234,0	10,15	1,88	0,040	0,008	12,3	80	67,2

OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P5.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	30,5	7,0	147,4	5,16	4,95	0,060	0,030	5,8	460	31
Fev	32,2	6,7	139,5	5,25	14,84	0,090	0,047	8,8	6	2909
Mar	31,0	7,1	144,2	5,37	2,66	0,120	0,016	11,8	60	173
Abr	32,8	6,8	140,1	4,32	5,67	0,070	0,004	5,3	200	0
Mai	30,8	6,8	158,1	5,78	1,37	0,080	0,010	12,1	20	191
Jun	30,3	7,0	147,9	9,53	1,30	0,240	0,012	5,1	40	86
Jul	28,4	6,4	137,5	7,69	0,19	0,150	0,253	5,3	180	10
Ago	30,8	6,9	144,6	3,75	0,84	0,460	0,005	6,5	560	63
Set	30,9	7,3	171,2	9,51	0,59	0,070	0,023	5,7	360	145
Out	31,1	7,6	150,4	5,32	0,59	0,040	0,008	1,2	320	74
Nov	30,2	6,8	154,0	9,42	1,09	0,080	0,004	4,3	80	317
Dez	29,9	6,6	166,7	9,03	4,03	0,020	0,003	3,1	120	41

OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P6.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	30,5	7,3	190,0	6,79	1,50	0,100	0,029	10,2	820	16,4
Fev	29,7	6,9	157,6	8,42	5,94	0,130	0,038	87,5	24	74,0
Mar	29,3	6,9	45,8	7,54	1,19	0,180	0,015	164,8	280	226,0
Abr	31,6	6,7	55,6	9,51	1,51	0,200	0,003	81,4	380	43,2
Mai	29,8	7,1	56,6	7,69	1,24	0,050	0,013	28,0	40	29,6
Jun	30,6	6,7	72,0	8,14	0,80	0,150	0,016	26,3	80	12,4
Jul	29,0	6,5	70,1	5,80	0,50	0,010	0,049	20,8	120	4,0
Ago	28,9	6,8	100,1	8,34	0,74	0,010	0,007	21,3	200	8,0
Set	29,6	7,4	123,0	8,44	0,76	0,060	0,007	16,5	340	12,4
Out	29,4	7,6	170,4	9,09	0,76	0,050	0,007	14,3	580	16,4
Nov	28,9	6,8	194,3	8,27	1,38	0,020	0,001	12,5	100	4,0
Dez	29,3	6,6	238,0	8,51	0,00	0,030	0,001	6,9	120	16,4

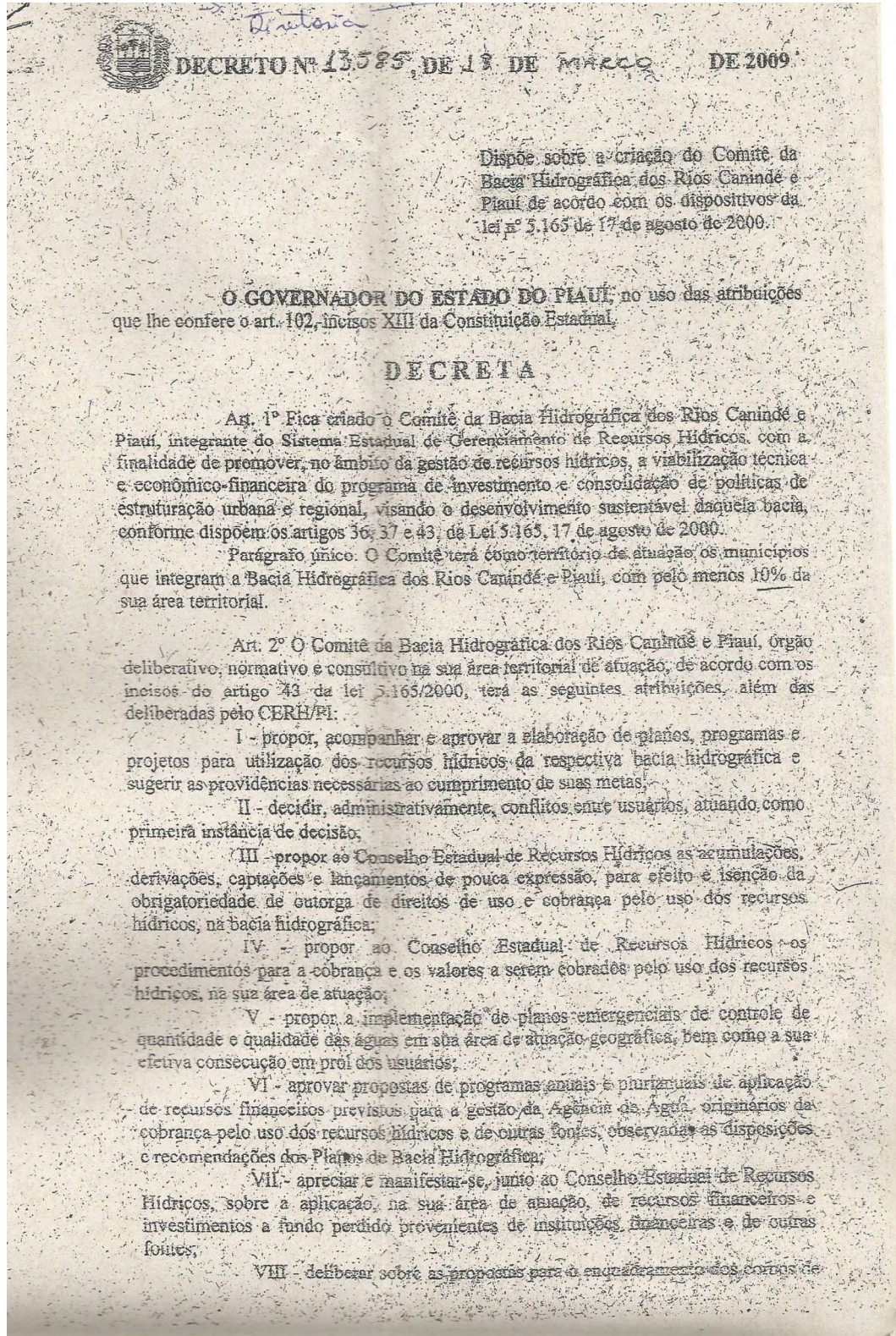
OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

Resultados de todas as análises realizadas no ponto de coleta P7.

Mês	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Nt (mg/L)	Ft (mg/L)	Tu (NTU)	St (mg/L)	EC NMP/100mL
Jan	28,0	7,0	96,6	6,32	4,16	0,130	0,039	265,4	260	34,0
Fev	27,5	6,6	107,8	8,23	5,49	0,015	0,057	157,8	24	175,6
Mar	29,7	7,2	61,1	4,78	0,00	0,080	0,003	50,2	320	43,6
Abr	30,2	6,7	72,2	5,40	1,63	0,060	0,070	79,3	220	4,0
Mai	29,6	7,4	320,0	6,06	0,66	0,130	0,059	56,0	100	48,4
Jun	28,8	6,8	79,3	4,16	0,45	0,170	0,014	59,2	180	12,4
Jul	27,8	6,9	76,3	5,16	0,89	0,060	0,067	47,2	40	8,0
Ago	27,9	6,7	92,7	5,38	0,62	0,100	0,008	52,2	700	30,0
Set	27,9	7,7	144,9	9,99	0,57	0,150	0,015	45,5	280	16,4
Out	27,7	6,9	102,8	8,04	0,57	0,079	0,015	128,3	480	29,6
Nov	28,3	7,0	168,7	8,08	1,32	0,080	0,016	141,5	300	16,4
Dez	28,6	6,5	108,3	10,99	0,89	0,070	0,010	132,8	140	30,0

OBS: T (temperatura); pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); OD (oxigênio dissolvido); DBO (demanda bioquímica de oxigênio); Nt (nitrato); Ft (fósforo total); Tu (turbidez); St (sólidos totais); EC (*Escherichia coli*).

ANEXO A – Decreto Estadual de criação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Canindé e Piauí.



água em classes de usos preponderantes, com o apoio de audiências públicas;

IX - aprovar o Orçamento Anual da Agência de Água, na área de sua atuação;

X - aprovar a criação de sub-comitês de Bacia Hidrográfica de sua área de atuação, a partir de proposta de usuários e de organizações civis de recursos hídricos;

XI - aprovar o seu Regimento Interno e respectivas modificações;

XII - incentivar a formação de consórcios intermunicipais e de associações de usuários na sua área de atuação, bem como prestigiar ações e atividades de instituições de ensino e pesquisas e de organizações não-governamentais, que atuem em defesa do meio ambiente e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;

XIII - exercer outras ações, atividades e funções estabelecidas em lei, regulamento ou decisão do Conselho Estadual de Recursos Hídricos compatíveis com a gestão integrada de recursos hídricos.

Art. 3º O Comitê será composto por:

I - até vinte e quatro representantes de poder público, de forma paritária entre o Estado e os Municípios que integram a bacia hidrográfica; e

II - até vinte e quatro representantes de usuários e de entidades da sociedade civil, com atuação na área de recursos hídricos, com sede ou representação na bacia hidrográfica, de forma paritária.

§ 1º Cada representante terá um suplente, que o substituirá em suas ausências e impedimentos.

§ 2º A composição do Comitê, independentemente do número de integrantes, deverá manter a paridade entre a representação do poder público e a representação de usuários e das entidades da sociedade civil.

Art. 4º A escolha dos representantes, para um mandato de 2 anos, será feita:

I - no caso da representação do Estado, por nomeação pelo Governador;

II - no caso da representação dos municípios, dos usuários de recursos hídricos e das entidades da sociedade civil, por eleição direta, na qual concorrerão os representantes de cada segmento presentes ao Seminário Regional, organizada pelo órgão gestor dos recursos hídricos, para este fim.

§ 1º Os representantes apenas poderão ser reconduzidos uma única vez, em eleições consecutivas, não havendo limitação para reconduções em eleições alternadas.

§ 2º As entidades que poderão pleitear a participação na composição do Comitê de Bacia devem pertencer à relação elaborada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos após processo seletivo aberto a todas as entidades legalmente constituídas, respeitando o estabelecido nos artigos 37 e 47 da Lei 5.165/2000.

Art. 5º Os eleitos serão empossados em reunião a ser realizada em seguida ao processo eleitoral, após o que será escolhida a diretoria do Comitê, composta por um Presidente, um Vice-Presidente e um Secretário, através de eleição direta, com participação de todos os membros.

§ 1º A reunião que se seguiu à primeira eleição será presidida pelo chefe do órgão gestor dos recursos hídricos que dará posse aos eleitos e conduzirá a reunião até a eleição da Diretoria que, então, assumirá a condução dos trabalhos.

§ 2º A Diretoria eleita na primeira reunião terá caráter provisória, com mandato de um ano, e será responsável pelo processo de instalação do Comitê, elaboração e aprovação do regimento interno e condução do processo eleitoral para a

o prazo da diretoria definitiva, sendo facultado aos membros da diretoria provisória pleitear a composição da diretoria definitiva.

Art. 6º O regimento interno, que deverá ser aprovado no prazo máximo de 180 dias após a posse da primeira diretoria, disporá sobre as normas complementares indispensáveis ao desenvolvimento das atividades do Comitê.

Art. 7º As deliberações do Comitê dependem da aprovação de metade mais um de seus membros, em primeira convocação, e da aprovação de metade mais um dos presentes à reunião, em segunda convocação.

Parágrafo único. Das decisões do Comitê caberá recurso ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, nos termos do parágrafo único do art. 43 da Lei nº 5.165, de 2000.

Art. 8º O Comitê, por intermédio de seu Presidente, poderá requisitar dos órgãos e entidades nele representados os meios informações e subsídios necessários ao exercício de suas funções, bem como solicitar o assessoramento de outras entidades relacionadas com os recursos hídricos e meio ambiente sobre matérias em discussão.

Art. 9º A Presidência do Comitê encaminhará ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, semestralmente, nos meses de janeiro e julho, o relatório das atividades desenvolvidas no período.

Art. 10. O Comitê terá como sede um dos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica dos Rios Canindé e Piauí.

Art. 11. Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

PALÁCIO DE KARNAK, em Teresina (PI), 18 de março de 2009.

GOVERNADOR DO ESTADO

SECRETÁRIO DE GOVERNO

ANEXO B - Decreto Estadual de criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Gurgueia.

Diário Oficial

4

Teresina (PI) - Segunda-feira, 17 de março de 2014 - Nº 50

DECRETO Nº 5.582 DE 14 DE Março DE 2014

Dispõe sobre a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia, de acordo com os dispositivos da Lei nº 5.165 de 17 de agosto de 2000.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO PIAUÍ, no uso da competência privativa que lhe confere o art. 102, inciso XIII, da Constituição Estadual.

Considerando o disposto na Lei nº 5.165, de 17 de agosto de 2000, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências;

Considerando que compete ao ente federativo estabelecer em ato normativo a estrutura, composição e funcionamento do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia;

Considerando ainda, os termos do Ofício GAB nº 020/14, de 15 de janeiro de 2014, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMAR;

DECRETA:

Art. 1º. Fica criado o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia, integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com a finalidade de promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira do programa de investimento e consolidação de políticas de estruturação urbana e regional, visando o desenvolvimento sustentável daquela bacia, conforme dispõem os artigos 36, 37 e 43, da Lei 5.165, 17 de agosto de 2000.

Parágrafo Único. O Comitê terá como território de atuação os municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia, com pelo menos 10% da sua área territorial.

Art. 2º. O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia, órgão deliberativo, normativo e consultivo na sua área territorial de atuação, de acordo com os incisos do artigo 43 da Lei 5.165/2000, terá as seguintes atribuições, além das deliberadas pelo CERH/PI:

I - propor, acompanhar e aprovar a elaboração de planos, programas e projetos para utilização dos recursos hídricos da respectiva bacia hidrográfica e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;

II - decidir, administrativamente, conflitos entre usuários, atuando como primeira instância de decisão;

III - propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito e isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso e cobrança pelo uso dos recursos hídricos, na bacia hidrográfica;

IV - propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos os procedimentos para a cobrança e os valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos, na sua área de atuação;

V - propor a implementação de planos emergenciais de controle de quantidade e qualidade das águas em sua área de atuação geográfica, bem como a sua efetiva consecução em prol dos usuários;

VI - aprovar propostas de programas anuais e plurianuais de aplicação de recursos financeiros previstos para a gestão da Agência de Água, originários da cobrança pelo uso dos

recursos hídricos e de outras fontes, observadas as disposições e recomendações dos Planos de Bacia Hidrográfica;

VII - apreciar e manifestar-se, junto ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, sobre a aplicação, na sua área de atuação, de recursos financeiros e investimentos a fundo perdido provenientes de instituições financeiras e de outras fontes;

VIII - deliberar sobre as propostas para o enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes, com o apoio de audiências públicas;

IX - aprovar o Orçamento Anual da Agência de Água, na área de sua atuação;

X - aprovar a criação de subcomitês de Bacia Hidrográfica de sua área de atuação, a partir de proposta de usuários e de organizações civis de recursos hídricos;

XI - aprovar o seu Regimento Interno e respectivas modificações;

XII - incentivar a formação de consórcios intermunicipais e de associações de usuários na sua área de atuação, bem como prestigiar ações e atividades de instituições de ensino e pesquisas e de organizações não governamentais, que atuem em defesa do meio ambiente e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.

XIII - exercer outras ações, atividades e funções estabelecidas em lei, regulamento ou decisão do Conselho Estadual de Recursos Hídricos compatíveis com a gestão integrada de recursos hídricos.

Art. 3º. O Comitê será composto por:

I - até dezesseis representantes do poder público, de forma paritária entre o Estado e os Municípios que integram a bacia hidrográfica; e

II - até dezesseis representantes de usuários e de entidades da sociedade civil, com atuação na área de recursos hídricos, com sede ou representação na bacia hidrográfica, de forma paritária.

§ 1º. Cada representante terá um suplente, que o substituirá em suas ausências e impedimentos.

§ 2º. A composição do Comitê, independentemente do número de integrantes, deverá manter a paridade entre a representação do poder público e a representação de usuários e das entidades da sociedade civil.

Art. 4º. A escolha dos representantes, para um mandato de 2 anos, será feita:

I - no caso da representação do Estado, por nomeação pelo Governador;

II - no caso da representação dos municípios, dos usuários de recursos hídricos e das entidades da sociedade civil, por eleição direta, na qual concorrerão os representantes de cada segmento presentes ao Seminário Regional, organizada pelo órgão gestor dos recursos hídricos, para este fim.

§ 1º. Os representantes apenas poderão ser reconduzidos uma única vez, em eleições consecutivas, não havendo limitação para reconduções em eleições alternadas.

§ 2º. As entidades que poderão pleitear a participação na composição do Comitê de Bacia Hidrográfica devem pertencer à relação elaborada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos após processo seletivo aberto a todas as entidades legalmente constituídas, respeitando o estabelecido nos artigos 37 e 47 da Lei 5.165/2000.

Art. 5º. Os eleitos serão empossados em reunião a ser realizada em seguida ao processo eleitoral, após o que será escolhida a diretoria do Comitê, composta por um Presidente, um Vice-Presidente e um Secretário, através de eleição direta, com participação de todos os membros.

§ 1º. A reunião que se seguirá à primeira eleição será presidida pelo chefe do órgão gestor dos recursos hídricos que dará posse aos eleitos e conduzirá a reunião até a eleição da Diretoria que, então, assumirá a condução dos trabalhos.

§ 2º. A Diretoria eleita na primeira reunião terá caráter provisório, com mandato de um ano, e será responsável pelo processo de instalação do Comitê, elaboração e aprovação do regimento interno e condução do processo eleitoral para a eleição da diretoria definitiva, sendo facultado aos membros da diretoria provisória pleitear a composição da diretoria definitiva.

Art. 6º. O regimento interno, que deverá ser aprovado no prazo máximo de 180 dias após a posse da primeira diretoria, disporá sobre as normas complementares indispensáveis ao desenvolvimento das atividades do Comitê.

Art. 7º. As deliberações do Comitê dependem da aprovação de metade mais um de seus membros, em primeira convocação, e da aprovação de metade mais um dos presentes à reunião, em segunda convocação.

Parágrafo Único. Das decisões do Comitê caberá recurso ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, nos termos do parágrafo único do art. 43 da Lei nº 5.165, de 2000.

Diário Oficial

Teresina(PI) - Segunda-feira, 17 de março de 2014 • Nº 50

5

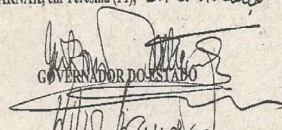
Art. 8º. O Comitê, por intermédio de seu Presidente, poderá requisitar dos órgãos e entidades nele representados os meios, informações e subsídios necessários ao exercício de suas funções, bem como solicitar o assessoramento de outras entidades relacionadas com os recursos hídricos e meio ambiente sobre matérias em discussão.

Art. 9º. A Presidência do Comitê encaminhará ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, semestralmente, nos meses de janeiro e julho, o relatório das atividades desenvolvidas no período.

Art. 10. O Comitê terá como sede um dos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Guragueia.

Art. 11. Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

PALÁCIO DE KARNAK, em Teresina (PI), 14 de março de 2014.


GOVERNADOR DO ESTADO

SECRETÁRIO DE GOVERNO
OF. 264

DECRETO Nº 15.563, DE 14 DE MARÇO DE 2014.

Denomina de "Francisco Ferreira Xavier", a Clínica de Fisioterapia localizada no município de Demerval Lobão - Piauí.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO PIAUÍ, no uso das atribuições que lhe conferem os incisos I, V e XIII, da Constituição Estadual, e considerando o contido no Ofício nº 071/2013 - GABP, de 09 de agosto de 2013, da Câmara Municipal de Demerval de Lobão - Piauí,

DECRETA:

Art. 1º Fica denominada de "Francisco Ferreira Xavier", a Clínica de Fisioterapia da Secretaria Estadual da Saúde, localizada no município de Demerval Lobão - Piauí.

Art. 2º Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

PALÁCIO DE KARNAK, em Teresina (PI), 14 de março de 2014.


GOVERNADOR DO ESTADO

SECRETÁRIO DE GOVERNO

DECRETO Nº 15.564, DE 14 DE MARÇO DE 2014.

Denomina de "Dr. Raimundo Barroso de Carvalho", a Unidade de Pronto Atendimento - UPA, localizada no município de Ceiras - Piauí.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO PIAUÍ, no uso das atribuições que lhe conferem os incisos I, V e XIII, da Constituição Estadual, e considerando o contido no Ofício nº 157/2013, de 09 de agosto de 2013, da Câmara Municipal de Ceiras - Piauí,

DECRETA:

Art. 1º Fica denominada de "Dr. Raimundo Barroso de Carvalho", a Unidade de Pronto Atendimento - UPA, da Secretaria Estadual da Saúde, localizada no município de Ceiras - Piauí.

Art. 2º Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

PALÁCIO DE KARNAK, em Teresina (PI), 14 de março de 2014.


GOVERNADOR DO ESTADO

SECRETÁRIO DE GOVERNO
OF. 261

O GOVERNADOR DO ESTADO DO PIAUÍ

no uso das atribuições que lhe confere o Art. 52 e seu Parágrafo Único, da Lei nº 5.888, de 19 de agosto de 2009, e considerando o teor do Ofício nº 434/14-GP, de 10 de março de 2014, do Presidente do Tribunal de Contas do Estado do Piauí,

RESOLVE nomear MÁRCIO ANDRÉ MADEIRA DE VASCONCELOS, para o cargo de Procurador Geral do Ministério Público de Contas do Estado do Piauí, para um mandato de 02 (dois) anos, biênio 2014 - 2016, a contar de 01 de junho de 2014.

PALÁCIO DE KARNAK, em Teresina(PI), 14 de março de 2014.


GOVERNADOR DO ESTADO

SECRETÁRIO DE GOVERNO
OF. 270