



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

POLLIANA FONTOURA GUILHERME DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO GOIANA,
PERNAMBUCO**

Recife

2022

POLLIANA FONTOURA GUILHERME DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO GOIANA,
PERNAMBUCO**

Monografia apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa

Coorientadora: Dra. Cibele Rodrigues Costa

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz CRB4 / 2222

S729d Souza, Polliana Fontoura Guilherme de.
Diagnóstico da qualidade da água da bacia do Rio Goiana,
Pernambuco / Polliana Fontoura Guilherme de Souza.
44 f., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa.
Coorientadora: Dr. Cibele Rodrigues Costa.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Oceanografia, Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Abastecimento público. 3. Estratégia amostral. 4. Disponibilidade hídrica. I. Costa, Monica Ferreira da (Orientadora). II. Costa, Cibele Rodrigues (Coorientadora). III. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.) BCTG/2022-270

POLLIANA FONTOURA GUILHERME DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO GOIANA,
PERNAMBUCO**

Monografia apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: 05 / 05 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Dr.^a Cibele Rodrigues Costa (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Érika Alves Tavares Marques (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Ellen Joana Nunes Santos Cinha (Examinadora Externa)
Universidade Estadual do Paraná

Prof.^a Dr.^a Regina Célia Macêdo do Nascimento (Examinadora Externa)
Universidade Federal de São Carlos

Dedico todo meu empenho e confiança ao meu pai, que nunca deixou de segurar minha mão, nunca deixou de apoiar minhas escolhas e sempre me deu força para ir atrás do que eu acredito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha irmã querida e ao meu pai que acreditaram em mim e me apoiaram a navegar por esses mares da Oceanografia. Que me deram todo o suporte para que eu chegasse até aqui.

Agradeço à minha orientadora e coorientadora, maravilhosas, ao André, que me acolheram, sempre me encorajando e pela paciência que tiveram comigo todo esse tempo. Sou grata às amigas, aos amigos, professoras e professores que encontrei nessa jornada e que puderam me inspirar e partilhar não só dos momentos incríveis, mas também dos momentos mais desafiadores.

Agradeço aos que vieram antes de mim e que puderam assim abrir caminhos para que hoje pudesse ter condições de escolher e me aventurar.

Agradeço à força e energia de meus ancestrais por me acompanharem e por me nutrirem para que eu persistisse e não desistisse mesmo em momentos de tormentas. Agradeço ao espírito do Aloha por tornar o processo mais leve e amoroso.

A partir do Princípio Sagrado de IKE,
Que a sabedoria se abra em aurora sobre nós,
Para que vejamos as coisas com clareza de ikepapalua,
vivendo e operando em ikepapakahi.
A partir do Princípio Sagrado de KALA,
Que a sabedoria esclareça e mantenha consciente,
todas as partes do universo,
Para trazermos outros aspectos de nós mesmos ao mundo.
A partir do Princípio Sagrado de MAKIA,
Que a focalização seja no sentido de fazer a energia
fluir para nossos objetivos,
Metas e propostas, fazendo-as acontecer.
A partir do Princípio Sagrado de MANAWA,
Que nossa presença seja constante no aqui/agora,
Para que haja influência e eficácia em nossa vida.
A partir do Princípio Sagrado de ALOHA,
Que o abençoar a todos e a tudo seja belo e verdadeiro,
Para que possamos compartilhar os frutos do amor.
A partir do princípio Sagrado de MANA,
Que seja permitido à sabedoria verter de dentro de nós,
para criarmos nossa
Própria experiência com permissão consciente, e colhermos
os frutos desejados.
A partir do Princípio Sagrado de PONO,
Que se possa tecer sonhos com a eficácia da verdade,
Para se estabelecer a cura e sempre se perceber outras
Maneiras de sonhar.

(Solange Dal Pizol De Toni, 1998).

RESUMO

O monitoramento das bacias hidrográficas é um instrumento de gestão ambiental que visa garantir padrões de qualidade da água e sua conservação. Em Pernambuco, essa responsabilidade cabe à Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), onde uma das bacias hidrográficas monitoradas é a do Rio Goiana. A Bacia do Rio Goiana possui um estuário de 25 km de extensão e é composta por dois rios principais, o Capibaribe-Mirim e o Tracunhaém. As principais atividades são o cultivo da cana-de-açúcar, policultura e pecuária. Fez-se um diagnóstico espaço-temporal inédito da qualidade da água dessa bacia de 2001 a 2014, visando observar a evolução da qualidade da água em toda a bacia. Utilizou-se para tal um índice padronizado (IQA). Para seu cálculo, foram recolhidos os relatórios disponibilizados pela CPRH, obtendo-se os dados dos parâmetros físico-químicos e biológicos em seis pontos de coleta (GO-15, GO-55, GO-75, GO-80, GO-67 e GO-85), durante o período seco e chuvoso. Dessa forma, foi possível comparar a variabilidade da qualidade de água da bacia em questão com as de outras regiões do país, além de realizar análises estatísticas não paramétricas que identificaram diferenças significativas da variação espaço-temporal do IQA. Observou-se, assim, uma tendência a uma menor qualidade de águas no período de estiagem e também nas estações situadas no baixo curso (GO-80, GO-67, GO-85) e na GO-15 (médio curso) devido ao maior grau de ocupação.

Palavras-chave: abastecimento público; estratégia amostral; disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

Hydrographic basins monitoring is an environmental management tool that aims at ensuring water quality standards and aquatic conservation. In Pernambuco, this responsibility rests with the State Agency for the Environment (CPRH), where one of the hydrographic basins monitored is Goiana River. The Goiana River Basin has an estuary of 25 km in length and is composed of two main rivers, the Capibaribe-Mirim and the Tracunhaém. The main activities are the cultivation of sugar cane, polyculture and livestock. An unprecedented spatio-temporal diagnosis of the water quality of this basin was carried out from 2001 to 2014, aiming to observe the evolution of water quality throughout the basin. A standardized index (AQI) was used for this purpose. For its calculation, the reports made available by the CPRH were collected, obtaining data on the physical-chemical and biological parameters at six collection points (GO 15, GO-55, GO-75, GO-80, GO-67 and GO-85), during the dry and rainy season. In this way, it was possible to compare the variability of the water quality of the basin in question with those of other regions of the country, in addition to performing non parametric statistical analyses that identified significant differences in the spatio temporal variation of the WQI. Thus, there was a tendency towards a lower water quality in the dry season and also in the stations located in the low course (GO-80, GO-67, GO-85) and in the GO-15 (medium course) due to the higher degree of occupancy.

Keywords: public supply; sample strategy; water availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação da Bacia do Rio Goiana com as estações de monitoramento da CPRH (Estações GO-05, GO-15, GO-55, GO-75, GO-80, GO-67, GO-85).....	15
Figura 2 –	Variação da temperatura do ar de acordo com a PCD 32290 no período de estudo.....	18
Figura 3 –	Variação da pluviosidade de acordo com a PCD 32290 no período de estudo.....	19

ARTIGO 1

Figura 4 –	Distribuição do IQA no médio e baixo curso do Rio Goiana (Pernambuco) ao longo do tempo (a) em todos os cenários estudados (2001 a 2014), (b) durante o período seco e (c) durante o período chuvoso.....	27
Figura 5 –	Variação temporal (2001 a 2014) do IQA (média \pm desvpad) em cada ponto de coleta da CPRH no médio e baixo Rio Goiana considerado neste estudo por estação do ano (seca e chuvosa). A: Timbaúba (médio curso); B: Ferreiros (médio curso); C: Itaquitinga (médio curso); D:Tracunhaém (baixo curso); E: Capibaribe Mirim (baixo curso); E: Goiana (baixo curso).....	29
Figura 6 –	Histograma de frequências do IQA em seis pontos monitorados pela CPRH nos médio e baixo cursos do Rio Goiana (Zona da Mata Norte de Pernambuco) de 2001 a 2014 (N=413). Linha vermelha = distribuição normal. Barras azuis = frequência de ocorrência a cada 5 pontos de IQA.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de cobertura de saneamento nos municípios pertencentes na área da Bacia do rio Goiana.....	17
Tabela 2 – Classificação do IQA e ponderação da sua escala de variação em cada classe de água.....	22
Tabela 3 – Síntese das características dos pontos de coleta da CPRH na bacia hidrográfica do Rio Goiana considerados neste estudo.....	25
Tabela 4 – Diagnóstico geral da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Goiana em longo prazo (2001 a 2014) nos cenários observados neste trabalho.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Área de estudo13
1.2	Análise climática	18
2	OBJETIVO	20
2.1	Objetivo geral20
2.2	Objetivos específicos	20
3	DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO GOIANA, PERNAMBUCO	21
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos brasileiros vêm sendo gerenciados pela Lei nº 9.433/1997, que institui a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, estabelecendo fundamentos que regem seus usos e orientam, por meio de diretrizes, as ações para uma gestão integrada. Além disso, tem como objetivo assegurar a disponibilidade da água no padrão de qualidade correspondente ao uso da bacia para as atuais e futuras gerações (SANTOS et al. 2018).

A Bacia Hidrográfica por compreender uma unidade fisiográfica que integra processos naturais e atividades humanas é um importante elemento para o estudo e gestão dos recursos hídricos. Além da dinâmica climática e ambiental, os cenários sociais, políticos e econômicos, podem contribuir com as variações na qualidade da água e, dessa forma, para cada região, de acordo com suas características hidrográficas e tipos de atividades, demandará uma forma de gestão (BRAGA et al., 2005; CONDEPE/FIDEM, 2005; ANA, 2013).

O monitoramento da qualidade da água consiste em um instrumento indispensável para descrever as condições ambientais e socioeconômicas de uma bacia hidrográfica e ambientes nela inseridos, tanto em um cenário espacial como temporal, sendo possível, assim, encaminhar tomadas de decisões para manutenção da biodiversidade e manter os serviços ecossistêmicos de forma sustentável (COSTA et al., 2017).

Ecossistemas que fazem parte de uma bacia hidrográfica, como o ambiente estuarino, que abriga diversas espécies, em diversas fases da vida, estão sujeitos às interações que ocorrem entre as águas e às variações dos parâmetros físico-químicos e biológicos, como oxigênio dissolvido, temperatura, nutrientes devido à sazonalidade e impactos antrópicos. Dessa forma, a flora e a fauna respondem de forma sensível a essas mudanças e dependem de condições adequadas para que haja manutenção da biodiversidade (COSTA et al., 2017).

A constância do monitoramento pode garantir a coleta de informações sobre a sazonalidade e padrões de comportamento da bacia, bem como sobre seu grau de vulnerabilidade e resiliência em relação às variações da qualidade da água (CONDEPE/FIDEM, 2005; ANA, 2013; COSTA; COSTA et al., 2017; COSTA & BARLETTA, 2018; Costa et al., 2019).

A execução das etapas para que o monitoramento ocorra ainda passa por diversas dificuldades. Desafios e adversidades durante a coleta, análise e interpretação dos dados podem afetar a padronização dos dados e, conseqüentemente, na análise integrada em termos temporais para construção de um cenário mais realista e possível de associar a outros cenários (COSTA et al., 2019).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma importante ferramenta que contribui para a interpretação dos dados coletados (<http://www.cetesb.sp.gov.br/>). Além disso, os aspectos relacionados à drenagem, às formas de uso da água e solo, bem como às condições de saneamento também são indicadores para a construção e compreensão dos cenários espaço-temporais da qualidade da água (MMA, 2006; CETESB, 2020).

A Bacia do Rio Goiana deságua em um estuário importante para o Estado, pois além de abrigar uma Reserva Extrativista Marinha/Costeira, apresenta condições de relativa preservação ambiental das florestas alagadas de manguezal, da qualidade das águas (COSTA et al., 2017; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019) e sustenta toda a produção pesqueira da região (BARLETTA; COSTA, 2009).

Este trabalho foi desenvolvido em grande parte durante o projeto de iniciação científica intitulado “Diagnóstico da qualidade da água na Bacia do Rio Goiana”, financiado através de bolsa PIBIC/CNPq – UFPE. O artigo “Diagnóstico da Qualidade da água da Bacia do Rio Goiana, Pernambuco” é o seu cerne, que foi publicado na Revista Brasileira de Meio Ambiente em 2019, buscando avaliar o atual cenário do uso do IQA na bacia.

1.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Goiana está situada na mesorregião da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco. Seu estuário com extensão de 25 km (COSTA et al., 2017; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019) é considerado um estuário pequeno, mas de grande importância para fauna e flora local, além de sustentar a produção pesqueira.

Devido às dificuldades encontradas quanto à quantidade de dados e à presença de lacunas, os anos anteriores a 2001 não foram considerados. Além disso,

diante do cenário de pandemia, com alguns desafios encontrados para a construção deste trabalho, decidiu-se não incluir dados dos relatórios após o ano de 2014, levando em conta que foi possível contemplar uma análise em escala de década. O alto curso possui apenas um ponto amostral (GO-05), com dados de monitoramento da qualidade da água menos frequentes do que os outros pontos, e por isso foi deixado de fora deste trabalho. O monitoramento inclui ainda amostragens em reservatórios (3), que também não foram considerados neste momento.

Os principais usos das águas na Bacia do Rio Goiana são: exploração da carcinocultura; consumo humano e abastecimento público; consumo animal; turismo, recreação e lazer; recepção de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais; irrigação; uso industrial; limpeza; e pesca (CONDEPE/FIDEM, 2005).

Em relação ao uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Goiana, a CONDEPE/FIDEM (2005), destaca:

- Ocupação Urbana e Industrial;
- Áreas exploradas com a cultura da cana-de-açúcar;
- Policultura e Pecuária;
- Áreas de Vegetação Arbórea Fechada, Arbórea Aberta e Arbustivo-Arbórea Fechada;
- Manguezal e Aquicultura (carcinocultura) na região litorânea;
- Barramentos; e
- Areial.

A Figura 1 ilustra o mapa da Bacia do Rio Goiana com as estações de monitoramento da Qualidade da Água e os cursos d'água situados na área.

- Uso de agrotóxicos nos plantios de cana-de-açúcar localizados às margens dos rios;
- Desmatamento das áreas de nascentes e das matas ciliares;
- Presença de lixões nas proximidades de cursos d'água;
- Criatório de suínos, bovinos e aves nas áreas ribeirinhas, com os seus dejetos lançados nos rios;
- Lançamento de lixo doméstico, pela população, diretamente na calha dos rios e riachos;
- Descarga de efluentes da lavagem de veículos (lava-jato) nos cursos d'água;
- Lançamento de esgoto público nos mananciais; e
- Efluentes de curtumes lançados nos rios.

De acordo com Carvalho, Oliveira e Silva (2017), deve-se considerar que alguns trechos dos cursos fluviais do Goiana já apresentam parâmetros hidrológicos que indicam certo comprometimento ambiental. Grosso modo, esses trechos são caracterizados por núcleos urbanos com baixa infraestrutura de saneamento, ou mesmo com a ausência de tratamento de efluentes. A área da Bacia do Rio Goiana engloba 26 municípios, sendo possível observar, através da Tabela 1, que há um baixo percentual de saneamento na maioria deles.

Tabela 1 – Percentual de cobertura de saneamento nos municípios pertencentes na área da Bacia do Rio Goiana.

Município	Saneamento (%)
Aliança	55,8 %
Araçoiaba	9,3 %
Bom Jardim	22,1 %
Buenos Aires	15,1 %
Camutanga	29,4 %
Carpina	15 %
Casinhas	11,5 %
Condado	3,9 %
Ferreiros	49,3 %
Goiana	33,5 %
Igarassu	19,9 %
Itambé	18,4 %
Itaquitinga	9,5 %
João Alfredo	17,3 %
Lagoa do Carro	9,8 %
Limoeiro	44,8 %
Macaparana	59,4 %
Machados	23,8 %
Nazaré da Mata	77,7 %
Paudalho	31,5 %
Salgadinho	14,4 %
Timbaúba	66,2 %
Tracunhaém	24,9 %
Vicência	58,8 %

Fonte: IBGE (2010)

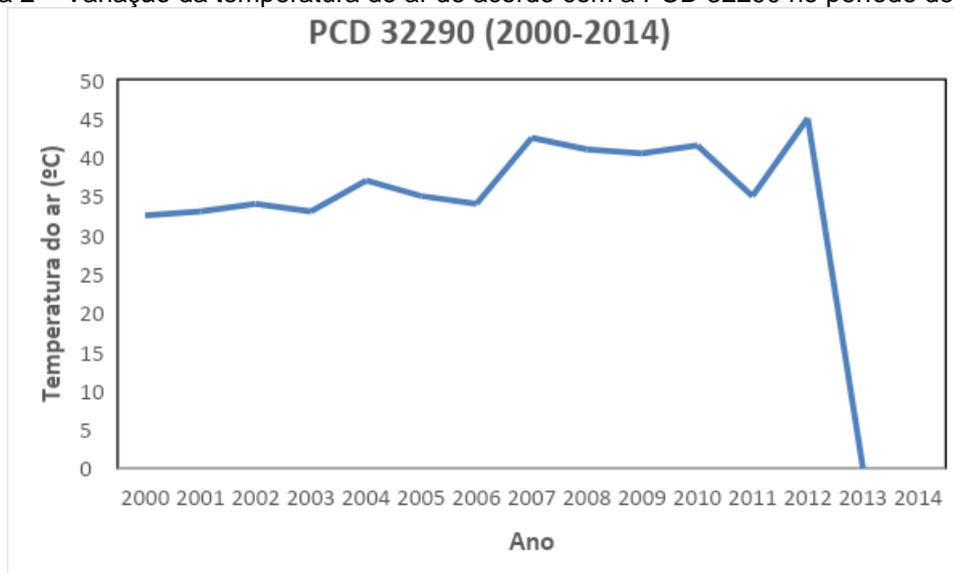
Através do que se é apresentado na Tabela 1, confirma-se que a maioria dos municípios ainda possuem um baixo índice de saneamento e, conseqüentemente, é um fator importante que pode contribuir para as alterações da qualidade da água.

1.2 Análise climática

A Bacia do Rio Goiana está inserida em uma região onde a pluviosidade é regularmente distribuída, fazendo com que o regime fluvial dos cursos d'água formadores desta unidade hídrica seja de perenidade (CONDEPE/FIDEM, 2005). O IQA varia em função da sazonalidade. Sendo assim, incluir a análise da variação climática na região da Bacia do Rio Goiana, é fundamental.

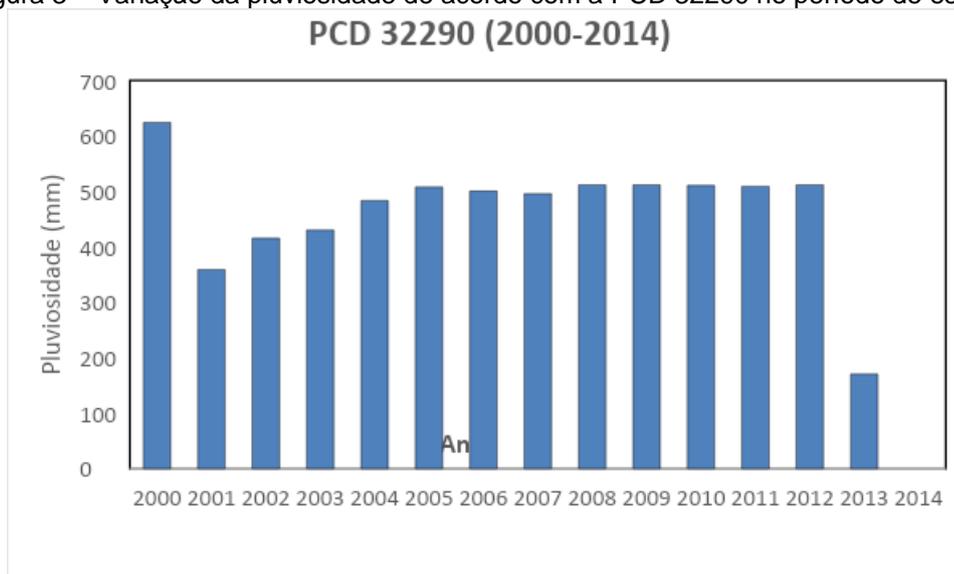
Analisando a variação de temperatura do ar (Figura 2), observa-se que a partir de 2013 o resultado na região foi de 0° C, provavelmente em função de algum defeito na PCD.

Figura 2 – Variação da temperatura do ar de acordo com a PCD 32290 no período de estudo



Fonte: INPE.

Figura 3 – Variação da pluviosidade de acordo com a PCD 32290 no período de estudo



Fonte: INPE.

Em relação à variação da pluviosidade (Figura 3), nota-se que se manteve sem muita variação ao longo dos anos, com excessão do ano de 2013, que teve menos chuva em comparação aos outros anos. Além disso, não houve registro de chuva em 2014, que pode ter sido devido a uma falha no equipamento ou ocorrência de seca.

2 OBJETIVO

A presente sessão apresentará os objetivos geral e específicos desse trabalho.

2.1 OBJETIVO GERAL

A presente monografia tem como objetivo realizar um diagnóstico da qualidade da água da Bacia do Rio Goiana entre o período de 2001 a 2014 e assim analisar a evolução dos desafios e cenários no que se refere ao monitoramento desta bacia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Descrever a variação do qualidade da água ao longo da bacia durante os anos analisados;
- 2 Relacionar as possíveis influências que afetaram a variação com a sazonalidade e características locais;
- 3 Analisar o cenário atual referente ao uso do IQA e ao monitoramento da Bacia do Rio Goiana, seus desafios e perspectivas.

3 DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO GOIANA, PERNAMBUCO

3.1 Introdução

As bacias hidrográficas do litoral Leste do Brasil estão sob forte pressão de uso para abastecimento das populações e para suprir demandas dos diferentes setores econômicos como agricultura, pecuária, indústria, porém ainda seguem prestando importantes serviços ecológicos (CONDEPE/FIDEM, 2005; ANA, 2013). O monitoramento e avaliação da qualidade das suas águas permite relacionar as possíveis causas de variações dessas condições e projetar cenários futuros em eventos de poluição e degradação ambiental (BRAGA et al., 2005; ANA, 2013), assim como ajudar a planejar sua conservação.

O monitoramento consiste em um importante instrumento de gestão ambiental que visa, dentre outros aspectos, detectar a violação nos padrões de qualidade da água das bacias hidrográficas e, em última instância, garantir a sua conservação através da observação das tendências a médio (anos) e longo (décadas) prazos (CONDEPE/FIDEM, 2005; ANA, 2013; COSTA; COSTA et al., 2017; COSTA & BARLETTA, 2018).

Em Pernambuco, o Programa de Monitoramento da Qualidade da Água de Bacias Hidrográficas foi implementado, e ainda é executado, pela Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH, há quase 40 anos, quando selecionaram bacias e pontos amostrais para realizar tal atividade em todo o território do estado (CPRH, 2015). A partir dos dados coletados atualmente bimensalmente, são confeccionados e divulgados relatórios anuais a respeito da qualidade das águas das bacias do estado, assim como diagnósticos preliminares de suas condições no período coberto pelas amostragens.

Dentre as bacias monitoradas está a do Rio Goiana, na Zona da Mata Norte de Pernambuco, que forma a fronteira política com o estado da Paraíba, próxima ao litoral (CPRH, 2015). No entanto, quase a totalidade da área de drenagem se encontra no estado de Pernambuco, sob sua responsabilidade de uso e cuidados. Essa bacia deságua em um estuário importante para o estado, pois além de abrigar uma Reserva Extrativista Marinha/Costeira, apresenta condições de relativa preservação ambiental das florestas alagadas de manguezal, da qualidade das águas (COSTA et al., 2017;

COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019;) e sustenta toda a produção pesqueira da região (BARLETTA; COSTA, 2009).

Os dados gerados pelos programas estaduais de monitoramento de qualidade de águas podem ser sintetizados em índices compreensíveis, o que ajuda na tomada de decisões e na comunicação dos resultados da ação gerencial à população (MAGNUSSON et al., 2009). Índices de qualidade da água são números que sintetizam cenários complexos, compostos de muitas variáveis, e facilitam comparações espaço-temporais do estado de conservação de um ambiente aquático (UNEP-GEMS, 2007; MORETTO et al., 2012), assim como suas potencialidades para diversos usos. Há diversos índices em uso atualmente no Brasil e no mundo (ALVES; TERESA & NABOUT, 2014). Um dos mais comuns é o IQA – Índice de Qualidade das Águas, desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (<http://www.cetesb.sp.gov.br/>), agência responsável pela atividade em São Paulo e pioneira no Brasil em muitos aspectos do monitoramento e gestão da água.

O IQA varia em uma escala de 0 a 100, sendo 0 a condição mais crítica e 100 a mais desejável (Tabela 2). Através deste índice, é possível visualizar em uma escala compreensível, o desenvolvimento da qualidade da água em diferentes escalas temporais e espaciais, dependendo do desenho amostral adotado.

O índice também proporciona relacionar variações com eventos como secas e chuvas extremas, derrames de efluentes, intervenções físicas na bacia que tenham modificado suas condições de fluxo (BRAGA et al., 2005) e assim auxilia em práticas de gestão adaptativa (WIDMER, 2009; MORETTO et al., 2012; PIRATOBA et al., 2017).

Tabela 2 – Classificação do IQA e ponderação da sua escala de variação em cada classe de água

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

Fonte: CETESB (2020).

O objetivo deste trabalho é, portanto, utilizando o IQA, realizar um diagnóstico inédito da qualidade da água da bacia do Rio Goiana (7° 22'20" e 7° 54'47" de latitude sul e 34° 49'06" e 35° 41'43" de longitude a oeste; Pernambuco) durante um período

de 14 anos (2001 a 2014) e, através dele, observar a evolução dessa propriedade em toda a bacia.

3.2 Material e Método

A bacia hidrográfica do Rio Goiana está situada na mesorregião da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco. Seu estuário possui extensão de 25 km (COSTA et al., 2017; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019), dando vazão a uma rede de drenagem dendrítica de aproximadamente 2.829 km² (CPRH, 2015). Essa drenagem abrange completa ou parcialmente os 26 municípios de Aliança, Araçoiaba, Bom Jardim (inclusive a sede), Buenos Aires, Camutanga, Carpina, Casinhas, Condado, Ferreiros, Goiana, Igarassú, Itambé (incl. sede), Itaquitinga (incl. sede), João Alfredo (incl. sede), Lagoa do Carro (incl. sede), Limoeiro, Macaparana, Machados, Nazaré da Mata, Orobó, Paudalho, São Vicente Férrer, Timbaúba, Tracunhaém (incl. sede) e Vicência (CPRH, 2015).

Ela é formada principalmente pelos Rios Capibaribe-Mirim e Tracunhaém. O primeiro localiza-se ao norte da bacia do Rio Goiana, constituindo 54% de sua área. Os principais afluentes desta sub-bacia são os Rios Tambémé, Tiúma, Ferreiros e Mulungu (margem esquerda); e os Rios Sirigi e Cruangi (margem direita) (CPRH, 2015). Já a sub-bacia do Rio Tracunhaém encontra-se na parte sul da bacia do Goiana, sendo 43% da extensão total e tem como afluentes, pela margem esquerda, os Rios Marajó, Orobó, Ribeiro e Acaú; e pela margem direita, os Rios Canguengo, Itapinassu e Carau (CPRH, 2015).

A bacia do Rio Goiana é caracterizada por um clima quente e úmido, sendo as chuvas concentradas no outono-inverno, com temperaturas médias anuais de 25°C (APRILE; FARIAS, 2001; BARLETTA; COSTA, 2009). Ambos os afluentes cruzam áreas onde havia extensas florestas de Mata Atlântica, hoje pobremente preservada nas reservas legais das grandes propriedades rurais e em algumas unidades de conservação de diversas categorias. Caracterizada pela falta de mata ciliar, a área torna-se mais vulnerável a processos erosivos e assoreamento das nascentes e corpos d'água (BEZERRA et al., 2014).

A atividade predominante na bacia ainda é, há séculos, o cultivo da cana-de-açúcar, seguida de sua moagem em usinas (APRILE; FARIAS, 2001; BARLETTA; COSTA, 2009).

As atividades de cultivo da cana-de-açúcar e a policultura, além da pecuária, vêm, aos poucos, compartilhando espaço e recursos com indústrias diversas (automobilística, vidreira, fármaco-química) e urbanização. Resíduos líquidos de origem doméstica e agroindustrial são despejados em ambas as sub-bacias, embora na do Capibaribe-Mirim ocorra em maior quantidade. Como a irrigação da cana-de-açúcar, assim como a diluição de efluentes da moagem, são práticas onipresentes na bacia, salienta-se a importância da água como recurso natural fundamental para a região (APRILE; FARIAS, 2001; BARLETTA; COSTA, 2009; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019; COSTA et al., 2017).

Para este trabalho, a bacia do Rio Goiana foi dividida em três porções de acordo com o curso do rio (alto, médio e baixo cursos). Nestas áreas foram identificados os pontos de amostragem do monitoramento de qualidade de água realizado pela CPRH (Tabela 3). Foram recolhidos os resultados brutos das variáveis físico-químicas em cada um destes pontos, durante os anos de estudo (2001 a 2014) em relatórios publicados online. O alto curso possui apenas um ponto amostral (GO-05), com dados de monitoramento da qualidade da água menos frequentes do que os outros pontos, e por isso foi deixado de fora deste trabalho. O monitoramento inclui ainda amostragens em reservatórios (3), que também não foram considerados neste momento.

Para o cálculo do IQA são necessários dados concomitantes de nove parâmetros físico-químicos da água: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. O monitoramento pernambucano realiza análises de oito desses nove parâmetros físico-químicos necessários, com exceção dos sólidos totais, o que provavelmente reprimiu até hoje o cálculo do IQA e, conseqüentemente, seu uso como ferramenta de gestão no estado.

Sendo assim, os valores de sólidos totais utilizados neste trabalho foram recolhidos e adaptados de outra bacia hidrográfica com características socioambientais (clima, extensão, localização, usos da água e do solo e impactos antrópicos atuais) semelhantes à da bacia estudada. A bacia escolhida foi a do Rio Curimataú, no estado do Rio Grande do Norte, poucos km a norte do Rio Goiana (www.igarn.rn.gov.br/).

Utilizou-se dados do curso médio desse rio para suprir as lacunas do curso médio do Rio Goiana em cada estação (seca e chuvosa) correspondentes. O mesmo

procedimento se repetiu para o baixo curso. Assim como na bacia do Rio Goiana, o Rio Curimataú também possui um alto curso monitorado com menos frequência pela agência estadual potiguar.

Tabela 3 – Síntese das características dos pontos de coleta da CPRH na bacia hidrográfica do Rio Goiana considerados neste estudo

Pontos CPRH	Posição	Afluente	Nomenclatura	Curso
GO-15	25M 0245744 UTM 9168227	Capibaribe Mirim	Timbaúba	Médio
GO-55	25M 0262273 UTM 9169826	Capibaribe Mirim	Ferreiros	Médio
GO-75	25M 0266852 UTM 9151852	Tracunhaém	Itaquitinga	Médio
GO-80	25M 0279646 UTM 9161811	Tracunhaém	Tracunhaém	Baixo
GO-67	25M 0280217 UTM 9166047	Capibaribe Mirim	Capibaribe Mirim	Baixo
GO-85	25M 0283779 UTM 9164341	Goiana	Goiana	Baixo

Fonte: CPRH (2015).

Os dados foram compilados em planilhas eletrônicas e organizados seguindo uma distribuição espaço-temporal. Considerou-se como fatores os anos, os pontos de coleta e estações do ano (seca e chuvosa), e como variáveis os nove tipos de dados físico-químicos. O corte entre estações seca e chuvosa seguiu a literatura (BARLETTA; COSTA, 2009; ALVES, 2015; COSTA et al., 2017). Assim, foi realizada uma filtragem das linhas (cenários) completas disponíveis na matriz de dados. Posteriormente, estes parâmetros foram empregados no cálculo do IQA, através do *software* QualiGraf 1.17 (disponível em: <http://www3.funceme.br/qualigraf/>).

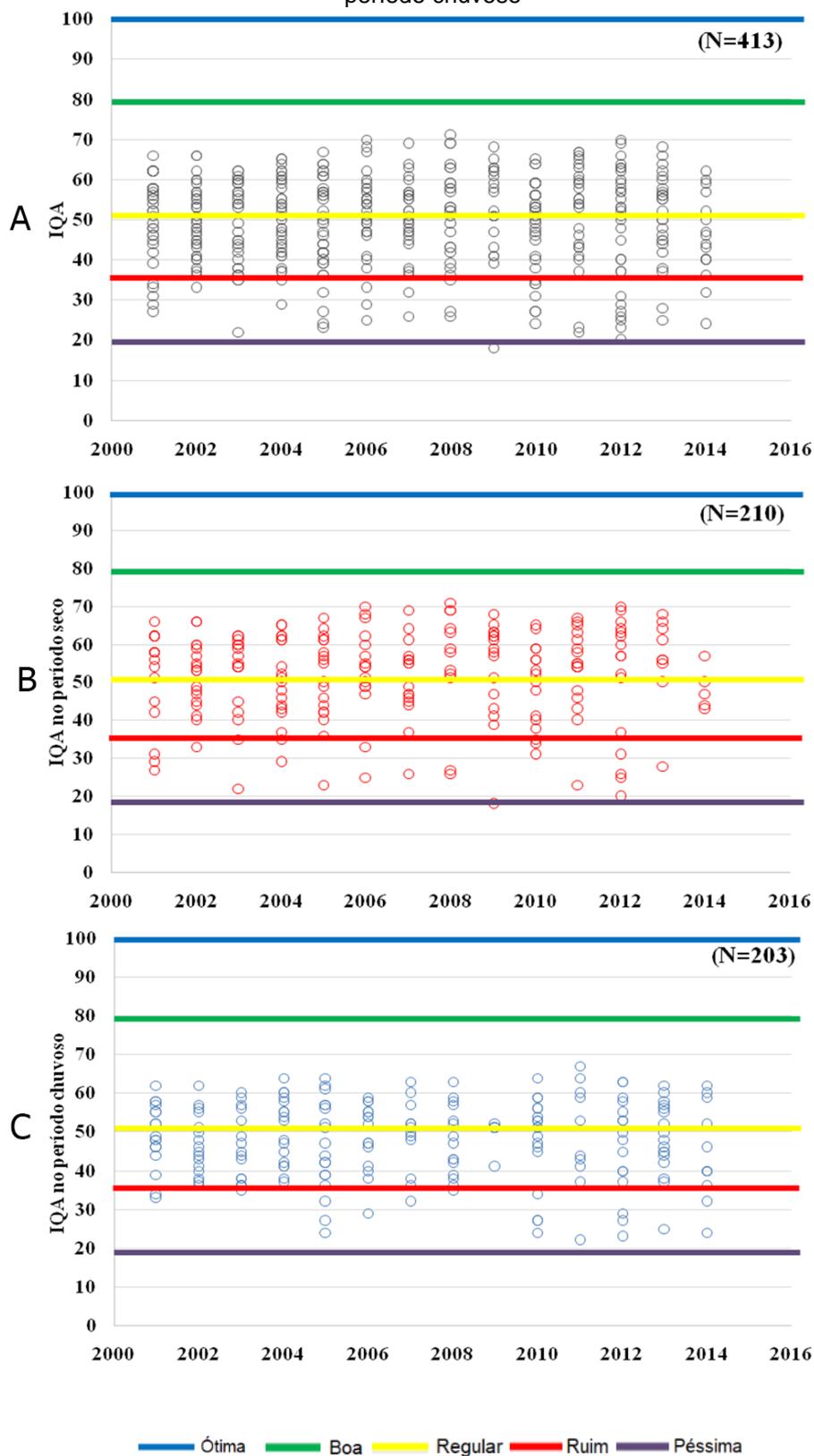
Para as análises estatísticas, foi empregado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com o intuito de verificar as diferenças entre os valores do IQA ao longo dos anos (2001-2014), para cada local amostrado e para cada estação estudada. O *software* utilizado foi o Past 3.15.

3.3 Resultados e Discussão

Com a utilização de dados de sólidos totais de uma bacia hidrográfica semelhante (*surrogate* - substituta) para completar o conjunto da CPRH, foi possível pela primeira vez calcular o IQA para a bacia hidrográfica do Rio Goiana. Assim, gerou-se um conjunto de dados para auxiliar no diagnóstico da sua qualidade de

águas e propor melhorias em seu monitoramento. Em 413 observações (cenários completos ou viáveis), houve um valor mínimo de IQA de 18 e máximo de 71 (Figura 4). Os valores calculados do IQA ficaram, na maior parte do tempo, concentrados no intervalo de 40 a 70.

Figura 4 – Distribuição do IQA no médio e baixo curso do Rio Goiana (Pernambuco) ao longo do tempo (a) em todos os cenários estudados (2001 a 2014), (b) durante o período seco e (c) durante o período chuvoso



Fonte: Souza et al (2019).

Houve 210 observações do IQA na estação seca e 213 na estação chuvosa. Nesses períodos o índice variou de 18 a 71 e 22 a 67, respectivamente. Tal fato sugere que há uma tendência a uma menor qualidade de águas no período de estiagem e que não só o estuário (COSTA ET AL., 2017), mas toda a bacia, depende fortemente das chuvas e do escoamento superficial para sua renovação.

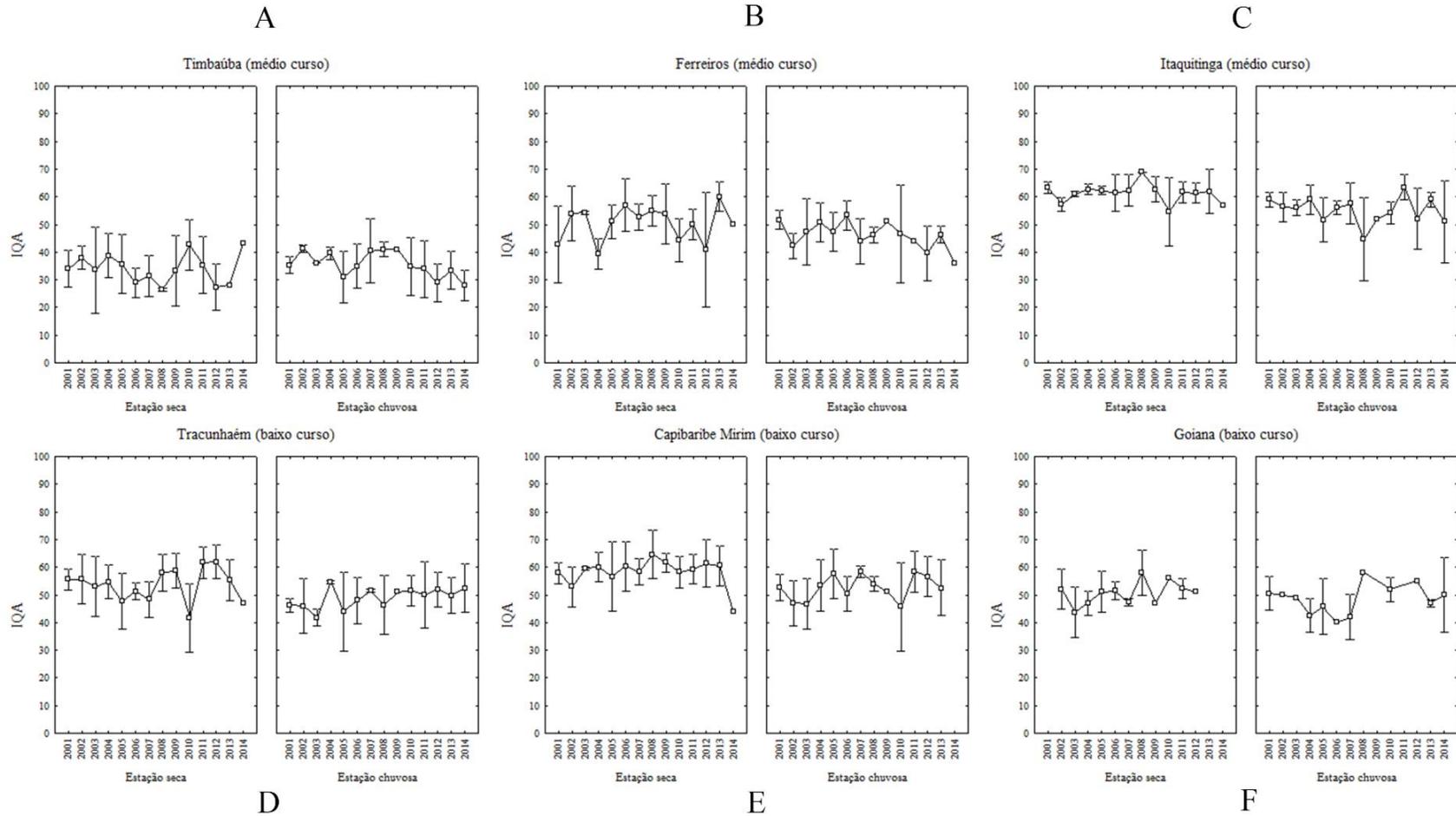
A partir das análises realizadas foi observado que o IQA tem comportamentos significativamente diferentes influenciados pelos anos ($p < 0,01$), pelas estações ($p < 0,01$) e pela área ($p < 0,01$) coletados.

Características da bacia (altas temperaturas da água, volume reduzido do fluxo) aliadas a fatores antrópicos (subtração de água, lançamento contínuo de efluentes) (BARLETTA; COSTA, 2009; MORETTO et al., 2012; ORTEGA; POMPÊO, 2017) contribuem para impedir que a qualidade da água atinja padrões de excelência (IQA > 80) devido à dificuldade de dissolução do oxigênio (COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019). Mas, mesmo diante dos usos e impactos sofridos ao longo da bacia, o IQA não apresentou muitos valores < 20 (péssima), demonstrando que ainda há resiliência nesse ambiente.

O período de seca apresentou maior variabilidade dos dados que no período chuvoso (Figura 4). Uma menor dispersão do IQA neste último certamente resultou, em média, melhores condições da qualidade da água. O valor médio do IQA nesse período possivelmente não decorreu da diluição da água. Lima (2010) constatou que o IQA obtido para a bacia hidrográfica Pirangi decaiu nesse período, porém devido ao carreamento de poluentes do solo para água. Melhores condições da qualidade da água no período seco foram encontradas por Bonnet; Ferreira & Lobo (2008).

Considerando a variação temporal em cada ponto de coleta (Figura 5), observa-se que em Itaquitinga o IQA variou em uma melhor faixa que nas outras áreas, enquanto o IQA em Timbaúba apresentou os menores valores. Comparando sua variabilidade entre as áreas localizadas no médio e baixo curso, nota-se que o IQA não apresentou comportamento distinto para cada porção.

Figura 5 – Variação temporal (2001 a 2014) do IQA (média \pm desvpad) em cada ponto de coleta da CPRH no médio e baixo Rio Goiana considerado neste estudo por estação do ano (seca e chuvosa). A: Timbaúba (médio curso); B: Ferreiros (médio curso); C: Itaquitinga (médio curso); D: Tracunhaém (baixo curso); E: Capibaribe Mirim (baixo curso); E: Goiana (baixo curso)



Fonte: Souza et al (2019).

Itaquitinga e Timbaúba (boa e ruim, respectivamente) estão localizadas no médio curso da bacia e apesar disso apresentam condições divergentes de qualidade de água. Este fato retrata que a variabilidade espacial está diretamente relacionada com condicionantes locais, como os tipos de atividades desenvolvidas próximas ao ponto monitorado, uso do solo e da água (CPRH, 2015) e grau de ocupação, que é maior na segunda cidade (APRILE; FARIAS, 2001). O cenário de vulnerabilidade do ponto mais próximo à cidade de Timbaúba também foi constatado por Aprile e Farias (2001). Verificou-se que o mesmo está sujeito ao despejo de esgotos domésticos provenientes de outros trechos.

O IQA em Timbaúba variou de regular a ruim, em ambas as estações. Entretanto, nota-se que os anos de melhor qualidade da água foram 2010 e 2014, apresentando IQA > 40 durante a estação seca. Já no período chuvoso, não foi observada nenhuma melhora. Nos últimos anos analisados houve uma diminuição gradativa do IQA, cenário que pode estar relacionado com o aporte das cargas poluentes condicionados pela chuva que impossibilitaram uma recuperação da qualidade da água (MORETTO et al., 2012; ALVES, 2015; PIRATOBA et al., 2017; ORTEGA; POMPÊO, 2017; AMÂNCIO et al., 2018). Ambas as estações apresentaram alta dispersão, relacionada às condições de saneamento básico na área (CONDEPE/FIDEM, 2005).

Em Ferreiros, o IQA foi classificado como bom e regular durante a seca. No período chuvoso a qualidade da água permaneceu regular. Porém, na primeira situação, foi observada uma maior variabilidade dos valores para o IQA na maioria dos anos estudados. Assim, infere-se, através da Figura 3, que nesta estação nenhuma melhora perdurou por mais de um ano. Indicando uma situação já preocupante, por não existir uma resposta de recuperação aos impactos antrópicos. Este fato também foi encontrado por Konzen; Figueiredo & Quevedo (2015) no ponto de coleta localizado no médio curso do Rio dos Sinos. Na estação chuvosa houve um decaimento gradativo sem nenhuma melhora significativa entre os anos de 2009 e 2014. Observando-se que neste último o IQA alcançou o limite mais baixo da condição encontrada.

Como foi relatado anteriormente, a qualidade da água observada em Itaquitinga foi classificada como boa na estação seca e também, na maior parte do tempo, durante a chuvosa, onde, porém, foram observadas maiores dispersões dos dados. O Rio dos Sinos estudado por Konzen; Figueiredo & Quevedo (2015), apesar de ser

considerado poluído, possui um trecho que também apresenta uma qualidade de água boa, pois continua com um grau baixo de ocupação. Dessa forma, nota-se que durante os anos analisados a água encontrou-se em um bom cenário, porém não conseguiu alcançar uma condição de excelência.

Já em Tracunhaém, foi observada uma variabilidade expressiva do IQA durante a seca, levando a condições boas da qualidade da água, mas alguns intervalos apresentaram uma queda da mesma, alcançando uma faixa regular. No período chuvoso, o IQA permaneceu na faixa regular. Ramos (2015) também relatou uma queda da qualidade da água de boa para regular no período chuvoso no Rio Jaguari. Além disso, observou-se que nenhuma melhora ocorreu durante o período seco, depois de 2012. No período chuvoso as melhoras dentro da faixa regular foram bastante discretas em alguns intervalos de tempo, impossibilitando que o IQA evoluísse para uma faixa melhor.

No Rio Capibaribe Mirim a qualidade da água foi classificada como boa na maior parte do tempo durante o período seco, mas de 2013 para 2014 ocorreu uma queda significativa do IQA, configurando um cenário regular. Consequentemente, não houve nenhuma evolução satisfatória. Na estação chuvosa, o IQA apresentou uma flutuação entre as faixas boa e regular. Variações semelhantes do IQA foram observadas por Ramos (2005) no Rio Jaguari, para ambas as estações.

Considerando a variação do IQA observada entre os anos de 2002 a 2012 em Goiana durante a estação seca, a qualidade da água foi classificada como boa e como regular. Quanto à estação chuvosa, nota-se uma maior variabilidade para os valores do IQA, porém a qualidade da água foi semelhante à encontrada durante o período seco. Condições piores foram encontradas por Santos (2008) nos trechos finais do Rio Corumbataí, apesar de se localizar mais no interior que o primeiro. Isto ressalta a relação complexa entre as variáveis naturais e antrópicas que interferem na qualidade da água.

O aumento do comprometimento da qualidade da água observado nos últimos anos, nos três últimos pontos, está relacionado à tendência de ocupação urbana devido ao atual incentivo para o desenvolvimento econômico das áreas litorâneas da bacia do Rio Goiana observado por Bezerra e colaboradores (2014) e Alves (2015). Esta tendência espacial também foi estudada por Trindade et al. (2017), que concluiu que as variações do IQA são influenciadas pela concentração populacional, contribuindo com os fatores poluentes.

Este fato expressa que não houve evolução para melhores condições da qualidade da água. Melhores condições foram encontradas por Lopes e colaboradores (2008) na bacia do Acaraú, onde o IQA variou de 60,79 a 80,28.

Os cenários observados no Rio Arari por Alves e colaboradores (2012), que encontraram condições regular e ruim demonstram a influências dos altos valores de coliformes fecais nas áreas afetadas por lançamento contínuo de efluentes. Dessa forma, o grau de comprometimento da qualidade da água nas condições analisadas anteriormente está estritamente relacionado com o comportamento dos parâmetros, que são sensíveis à presença de impactos ou alterações climáticas, que moldam a dinâmica do rio e sua resiliência.

Não foi possível, neste momento, determinar quais variáveis físico-químicas influenciaram mais fortemente o IQA. Esse estudo seria interessante para determinar as verdadeiras fontes tanto de variação do índice, e conseqüentemente da qualidade da água, assim como as causas de sua maior dispersão no tempo e no espaço.

Era esperada uma variação mais previsível entre estações seca e chuvosa, com separação clara entre essas duas condições, mas não uma grande variação interna em cada estação como ocorreu. Era também esperada uma tendência temporal ao longo dos anos. No entanto, aparentemente não houve melhora ou piora significativa detectável ao longo de mais de uma década de acompanhamento.

Essa observação cria um alerta a respeito do valor do monitoramento que, se por um lado foi útil ao revelar essa informação, por outro não foi suficiente para alertar aos tomadores de decisão sobre a necessidade de agir frente aos cenários de maior vulnerabilidade do recurso hídrico. Isso pode estar atrelado também ao fato de que provavelmente ainda o monitoramento desenvolvido na região não seja suficiente para expor a situação real do ambiente.

Essa situação de estabilidade na qualidade hídrica dos corpos d'água estuarinos é uma condição também observada em outros estuários monitorados pela CPRH, onde há melhoras e pioras sazonais, porém com uma média estável. Possivelmente, outros estuários tropicais monitorados pelas agências estaduais no Brasil, apresentem este mesmo cenário. Apesar do monitoramento não ter revelado mudanças ocorridas ao longo do tempo, ainda pode ser de grande relevância ao servir de ponto de partida para comparações futuras. A partir dele será possível observar diversos tipos de impactos antrópicos, que declinam a qualidade das águas, como o

lançamento de esgoto doméstico, e também melhoras na qualidade deste recurso, resultantes por exemplo da implementação de saneamento básico na região.

O acompanhamento ao longo do tempo permite que sejam implementadas ações de preservação da qualidade da água, garantindo os seus diversos usos humanos e ecológicos, para este recurso indispensável. Ainda, chama-se a atenção para as transformações socioeconômicas em andamento no baixo curso do rio (ALVES, 2015; ALVES, 2016; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2018; COSTA; COSTA & BARLETTA, 2019; COSTA et al., 2017), que podem entrar em conflito com metas de desenvolvimento sustentável e de conservação da natureza.

Observa-se no campo, desde a década de 2010, um maior controle do fluxo do rio por barramentos com objetivo de abastecimento de novos empreendimentos. Nesse caso, a tendência é de uma menor liberação de água para o baixo curso e estuário, sobretudo na estação seca, podendo comprometer a qualidade observada nesse trabalho (ruim a boa).

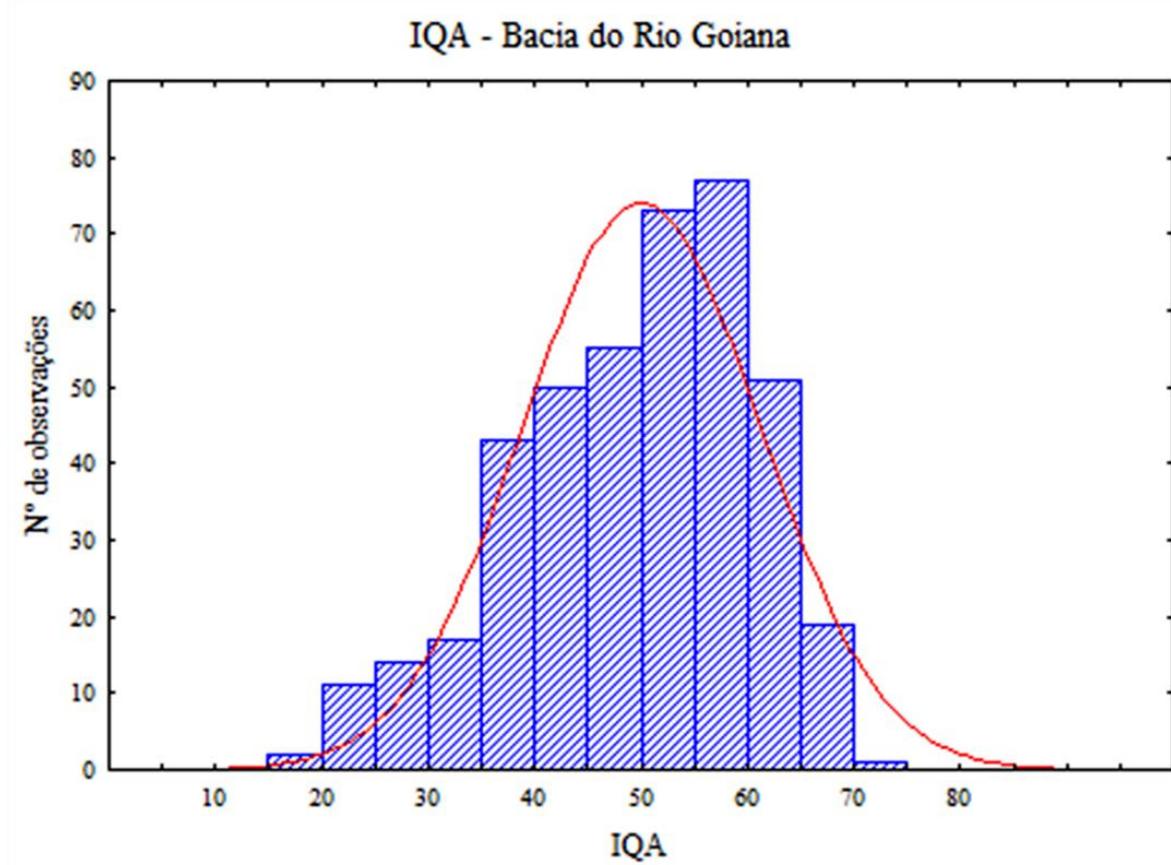
É possível que essa bacia, por suas dimensões reduzidas, posição em baixas latitudes e uso intenso nunca venha a apresentar IQA alto (>80), pois isso demanda presença de mata ciliar, alta turbulência e baixo teor de sólidos em suspensão – condições que, realisticamente, estão longe de ocorrer na região. Por outro lado, não é interessante que a frequência de IQA na faixa $19 < IQA < 36$ (ruim) aumente ou venha a prevalecer em determinados trechos do rio. Idealmente, dever-se-ia trabalhar no sentido de manter nos trechos perenes a maior frequência do índice nas faixas $51 < IQA < 79$ (boa) e $36 < IQA < 51$ (regular), mesmo na estação seca. Dessa forma, evitar a tomada de água acima da capacidade de suporte da bacia é essencial.

O que se quer ressaltar é que na bacia hidrográfica do Rio Goiana, a qualidade da água é, muito provavelmente, resultado de mudanças em seu fluxo, ou seja, quantidade de água disponível, e não necessariamente (ou exclusivamente) o lançamento de efluentes e processos erosivos do solo adjacente. Sob essa ótica, essa bacia não é exceção na costa leste do Brasil, ou em outros países como África do Sul e Austrália (COSTA ET AL., 2017), onde regimes semiáridos continentais convivem com estreitas faixas litorâneas úmidas. Bacias que cruzam tais gradientes geralmente se encontram sob condições de alta vulnerabilidade, pois não contam com grandes fontes de água além das chuvas tropicais, de caráter marcadamente sazonal.

Além disso, altas densidades populacionais costeiras e mudanças globais também são fortes interferentes.

A formulação de um diagnóstico da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Goiana foi possível através da análise de suas condições mais frequentes (Figura 6), que apesar de não serem excelentes devido aos fatores explicados acima, ainda são boas. Resta ser estudado se essas condições ainda oferecem serviços ecológicos de qualidade à fauna, flora e populações humanas de seu entorno.

Figura 6 – Histograma de frequências do IQA em seis pontos monitorados pela CPRH nos médio e baixo cursos do Rio Goiana (Zona da Mata Norte de Pernambuco) de 2001 a 2014 (N=413). Linha vermelha = distribuição normal. Barras azuis = frequência de ocorrência a cada 5 pontos de IQA



Fonte: Souza et al (2019).

Durante metade do tempo, considerando-se todos os pontos e anos de coleta (cenários completos ou válidos), as condições da água foram classificadas como boas (Tabela 4). Há preocupação, no entanto, com a tendência da distribuição de frequências e totalidade dos dados (Figura 6) terem uma tendência a se concentrar do lado esquerdo do gráfico, domínio de menor qualidade da água.

Tabela 4 – Diagnóstico geral da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Goiana em longo prazo (2001 a 2014) nos cenários observados neste trabalho

Categoria	IQA	N	%
Ótima	79 < IQA < 100	0	0,0
Boa	51 < IQA < 79	206	49,9
Regular	36 < IQA < 51	152	36,8
Ruim	19 < IQA < 36	54	13,1
Péssima	IQA < 19	1	0,2

Total de observações = 413

Fonte: Souza et al (2019).

Sendo assim, há de se propor análises que identifiquem esses cenários e as causas para seu estabelecimento. Em seguida, ações gerenciais poderiam ser priorizadas no sentido de promover estabelecimento e manutenção de melhor qualidade nesses cenários críticos, mesmo antes de se tentar estender a curva para a direita, em direção à categoria ótima.

3.4 Conclusão

As evidências levantadas a respeito das variações temporais da qualidade da água em cada área e seu comportamento em cada estação demonstram a importância do IQA para identificar e descrever seus cenários.

O avanço das análises estatísticas (confrontando o IQA com os volumes de chuvas registrados na estação meteorológica mais próxima, por exemplo) e mais conclusões sobre o IQA da bacia hidrográfica do Rio Goiana depende ainda de confirmações experimentais da validade do uso de valores substitutivos no cálculo do índice. Para tal, o monitoramento estadual deverá passar a incluir a variável físico-química sólidos totais. Assim, os próximos cenários já seriam completos (válidos), e os cenários anteriores poderiam ser validados e/ou se necessário corrigidos.

Assim como os outros índices, o mesmo permite relacionar as condições do corpo d'água estudado com os fatores que as condicionam. Dessa forma, tem um grande papel como ferramenta de manejo das bacias hidrográficas. Porém é fundamental que existam informações suficientes referentes aos nove parâmetros considerados pelo IQA para que seja possível aplicá-lo. Pois, assim como encontrado por Konzen; Figueiredo & Quevedo (2015), ainda existe bastante dificuldade na

obtenção dos dados por não haver uma frequência adequada. Este fato ressalta a importância de um monitoramento que apreenda uma coleta contínua de dados para a fomentação de estudos em longo prazo para obtenção de diagnósticos da qualidade das águas.

Além disso, como foi observado por Alves e colaboradores (2012), o IQA nem sempre possui eficiência nos estudos de algumas áreas devido à limitação dos parâmetros físico-químicos considerados em seu cálculo. Portanto, compreende-se que é crucial que haja uma padronização do IQA para que este alcance uma maior representatividade e assim facilite a comparação da qualidade da água entre bacias hidrográficas que apresentem diferentes características.

Os diversos cursos que compõem a bacia do Rio Goiana representam um importante recurso para a região. Com sua atual configuração de vulnerabilidade, há diversos fatores relatados anteriormente que já demonstraram influenciar negativamente na qualidade da água. Logo, percebe-se a necessidade de um planejamento de gestão para essa bacia que permita acompanhar e prever os atuais e futuros impactos, respectivamente, para que seja possível amenizá-los ou cessá-los na busca por melhores condições de suas águas.

3.5 Referências

Aprile, F. M.; Farias, V. P. (2001). Avaliação da qualidade de água da bacia do Rio Goiana, Pernambuco - Brasil. **Bioikos**, 15, 109–114.

Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L.; Mierzwa, J. C.; Barros, M. T. L.; Spencer, M.; Porto, M.; Nucci, N.; Juliano, N. & Eiger, S. (2005). **Introdução à Engenharia Ambiental** (2ª edição). Pearson Universidades, Brasil.

CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco. (2005). **Bacia Hidrográfica do Rio Goiana e sexto grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos – GL6**. Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco Nº 2. Recife.

UNEP-GEMS - United Nations Environment Programme - Global Environment Monitoring System/Water Programme. (2007). **Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report**. Burlington.

Bonnet, B. R. P.; Ferreira, L. G. & Lobo, F. C. (2008). Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: Uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Árvore**, 32, 311–322.

Lopes, F. B.; Teixeira, A. D. S.; Andrade, E. M.; Aquino, D. D. N. & Araújo, L. F. P. (2008). Mapa da qualidade das águas do Rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agrônômica**, 39(3), 392–402.

Santos, M. A. P. F. (2008). **Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do Rio Corumbataí - SP por meio de testes ecotoxicológicos**. Tese, Doutorado em Energia Nuclear. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Barletta, M. & Costa, M. F. (2009). Living and Non-living Resources Exploitation in a Tropical Semi-arid Estuary. **Journal of Coastal Research**, SI 56, 371–375.

Widmer, W. M. (2009). A Importância da Abordagem Experimental para o Progresso da Gestão Costeira Integrada. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9, 7–16.

Lima, M. S. B. (2010). **Monitoramento das águas da bacia hidrográfica Pirangi pela determinação dos índices de qualidade da água - IQA e índice de toxidez - IT**. Dissertação, Mestrado em Química. 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Alves, I. C. C.; El-Robrini, M.; Santos, M. L. S.; Monteiro, S. M.; Barbosa, L. P. F. & Guimarães, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, 42, 115–124.

Moretto, D. L.; Panta, R. E.; Costa, A. B. & Lobo, E. A. (2012). Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnológica Brasiliensia**, 24(1), 29-42.

ANA – Agência Nacional das Águas. (2013). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013**. Brasília.

Magnusson, W.; Braga-Neto, R.; Pezzini, F.; Baccaro, F.; Bergallo, H.; Penha, J.; Rodrigues, D.; Verdade, L. M.; Lima, A.; Albernaz, A. L.; Hero J-M.; Lawson, B.; Castilho, C.; Drucker, D.; Franklin, E.; Mendonça, F.; Costa, F.; Galdino, G.; Castley, G.; Zuanon, J.; Vale, J.; Santos, J. L. C.; Luizão, R.; Cintra, R.; Barbosa, R. I.; Lisboa, A.; Koblitz, R. V.; Cunha, C. N. & Pontes, A. R. M. (2013). **Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado**. Manaus.

Alves, M. T. R.; Teresa, F. B. & Nabout, J. (2014). A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. **Acta Limnológica Brasiliensia**, 26, 245–253.

Bezerra, G. S. C. L.; Oliveira, E. J. A.; Silva, R. F. & Carvalho, R. M. C. M. O. (2014). Unidades de conservação no contexto de bacia hidrográfica: os refúgios de vida silvestre Matas de Água Azul e Matas de Siriji na bacia do Rio Goiana, em Pernambuco. **Anais CONGESTAS 2014 - Congresso Brasileiro Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. João Pessoa, PB, Brasil, 6.

Alves, L. H. B. (2015). **Modelagem da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no alto estuário do Rio Goiana**. Monografia, Bacharelado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. (2015). **Relatório de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco - 2014**. Recife.

Konzen, G. B.; Figueiredo, J. A. S. & Quevedo, D. M. (2015). History of water quality parameters – a study on the Sinos River/Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 75, 1–10.

Ramos, M. A. G. (2015). **Avaliação da qualidade da água dos Rios Jaguari e Atibaia por meio do índice de qualidade da água - IQA e ensaios toxicológicos**.

Tese, Doutorado em Ciências Biológicas e Microbiologia. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil.

Alves, L. H. B. (2016). **Tendências temporais e espaciais da balneabilidade das praias do município de Goiana: perspectivas históricas e futuras diante das transformações socioeconômicas do Zona da Mata e Litoral Norte do estado de Pernambuco**. Dissertação, Mestrado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Costa, C. R.; Costa, M. F. & Barletta, M.; Alves, L. H. B. (2017). Interannual water quality changes at the head of a tropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, 189, 628, 1-13.

Ortega, D. J. P. & Pompêo, M. L. M. (2017). Determinação da Pressão Ambiental que o Uso da Terra Exerce sobre os Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Juqueri, no Município de Mairiporã, Estado de São Paulo, Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 6(3), 264-286.

Piratoba, A. R. A; Ribeiro, H. M. C; Morales, G. P. & Gonçalves, W. G. (2017). Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, 12(3), 435-456.

Trindade, A. L. C.; Almeida, K. C. B.; Barbosa, P. E. & Oliveira, S. M. A. C. (2017). Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22, 13–24.

Amâncio, D. V.; Coelho, G.; Marques, R. F. P. V.; Viola, M. R. & Mello, C. R. (2018). Qualidade da água nas sub-bacias hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes, Minas Gerais. **Revista Scientia Agraria**, 19, 75-86.

Costa, C. R.; Costa, M. F. & Barletta, M. (2018). Interannual and Seasonal Variations in Estuarine Water Quality. **Frontiers in Marine Science**, 5, 301, 1-12.

Costa, C. R.; Costa, M. F. & Barletta, M. (2019). Análise Integrada da Qualidade da Água na Bacia e no Complexo Estuarino do Rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Revista Costas**, 1(1), 133-146.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazendo uma análise dos relatórios mais atuais da CPRH da Qualidade de Água da bacia do Rio Goiana, foi possível notar que em 2017, a Agência começou a implantar os dados de Sólidos Totais, porém, observou-se que não há resultados desse parâmetro em todas as datas de coleta nem para todas as estações (faltando dados referentes às estações GO-75, GO-80, GO-85). A partir de 2018 houveram mais dados representados nas datas de coleta, mas ainda inexistentes nas estações citadas anteriormente.

Foi observado também que a CPRH incluiu nos relatórios de 2018 e 2019, uma linha para o IQA, porém nenhuma informação acerca de seus resultados está representada. Além disso, em 2019 foram inclusos novos parâmetros: nitrito, nitrato, cloreto total e alcalinidade. Porém, a falta de uma maior completude dos dados necessários para o cálculo do IQA demonstra que ainda há desafios para uma maior quantidade de estudos na área. Isso também pode evidenciar o fato de Araújo (2020) ter realizado um estudo sobre o monitoramento no Rio Goiana, mas não ter realizado o cálculo do IQA para incluir em sua análise.

Dessa forma, na busca de estudos mais atuais sobre o monitoramento da Qualidade da Água no Rio Goiana e os desafios encontrados em identificar informações sobre o uso do IQA, não foi possível realizar um comparativo com dados mais atuais sobre esse Índice para essa área. A existência de uma maior padronização dos dados poderá facilitar na realização de mais estudos sobre IQA nessa Bacia e, conseqüentemente, na construção de diagnósticos mais completos.

O estudo do IQA no monitoramento da Qualidade de Água de rios com características semelhantes, como no Rio Curimataú (RN), foi observado para o ano de 2016 (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE, 2017).

Apesar desse atual contexto sobre o uso do IQA no monitoramento da Qualidade da Água do Rio Goiana, existem vários estudos que fazem o uso do IQA no monitoramento das águas no Brasil que evidenciam a eficiência e importância desse índice. A Fundação SOS Mata Atlântica, através do Programa Observando os Rios, realiza o monitoramento de 90 rios no Bioma de Mata Atlântica em 16 estados, incluindo, por exemplo, o Rio Coruripe (AL), Rio Mamanguape (PB), Rio Beberibe

(PE), Rio Capibaribe (PE), Rio Tietê (SP), sendo os dados de IQA mais atualizados de 2021 (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) também considerou o IQA na avaliação anual do monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais em 2019. Sendo alguns dos rios considerados o Rio Mucuri, o Rio Doce, o Rio Jequitinhonha, Rio Jucuruçu e o Rio São Francisco, situados nas bacias de Minas Gerais (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2021).

Observou-se também a aplicação de dados de IQA no monitoramento de uma Bacia Hidrográfica (Região Hidrográfica II - Guandu) em 2021 apresentados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (INEA). A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) também continua implementando o IQA em suas avaliações da Qualidade das Águas Interiores, sendo possível estudar a evolução desse índice ao longo dos anos em vários rios como no Rio Paraíba do Sul, no Rio Atibaia e no Rio Piracicaba (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020).

O estudo e diagnóstico do IQA permite acompanhar as respostas que uma área pode ter e conseqüentemente seu grau de resiliência aos impactos decorrentes da urbanização e do uso das águas. A frequência de seu monitoramento permite estudar a evolução dos cenários e identificar eventos, fenômenos sazonais ou pontuais. Associar a ferramenta do IQA à identificação dos parâmetros que mais tiveram influência em seu valor pode compor uma importante estratégia para compreensão dos processos e impactos a curto ou longo prazo, bem como para a identificação das fontes e se são focais ou dispersas, quais usuários ou atores podem ser alertados ou acionados para participar de forma ativa e efetiva nas tomadas de decisões.

Para que exista a construção de um desenho sustentável para as dimensões ecológica, social e econômica, faz-se essencial refletir sobre o quanto há de interesse e compromisso por parte dos gestores da bacia em aprofundar nas estratégias de regeneração da qualidade da água e adoção de ações como a de implantação de saneamento básico, sendo essencial não apenas se preocupar em manter as condições mínimas exigidas pela legislação. Pois de acordo com as condições e tendências de uma qualidade da água que varia entre boa e regular observadas para a Bacia do Rio Goiana, traz-se o questionamento sobre o quanto a manutenção desse cenário será sustentável durante muito tempo. Além de considerar quais condições são ideais para flora e para fauna e quais cuidados são necessários para alcançar tais condições.

REFERÊNCIAS

- APRILE, F. M.; FARIAS, V. P. 2001. Avaliação da qualidade de água da bacia do Rio Goiana, Pernambuco - Brasil. **Bioikos**, 15, 109–114.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. & EIGER, S. 2005. **Introdução à Engenharia Ambiental** (2ª edição). Pearson Universidades, Brasil.
- CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco. 2005. **Bacia Hidrográfica do Rio Goiana e sexto grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos – GL6**. Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco Nº 2. Recife.
- UNEP.—GEMS - United Nations Environment Programme. Global Environment Monitoring System/ Water Programme. 2007. **Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report**. Burlington: UNEP, 2007.
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G. & LOBO, F. C. 2008. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: Uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Árvore**, 32, 311–322.
- LOPES, F. B.; TEIXEIRA, A. D. S.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. D. N. & ARAÚJO, L. F. P. 2008. Mapa da qualidade das águas do Rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, 39(3), 392–402.
- SANTOS, M. A. P. F. 2008. **Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do Rio Corumbataí - SP por meio de testes ecotoxicológicos**. Tese, Doutorado em Energia Nuclear. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- BARLETTA, M. & COSTA, M. F. 2009. Living and Non-living Resources Exploitation in a Tropical Semi-arid Estuary. **Journal of Coastal Research**, SI 56, 371–375.
- WIDMER, W. M. 2009. A Importância da Abordagem Experimental para o Progresso da Gestão Costeira Integrada. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9, 7–16.
- LIMA, M. S. B. 2010. **Monitoramento das águas da bacia hidrográfica Pirangi pela determinação dos índices de qualidade da água - IQA e índice de toxidez - IT**. Dissertação, Mestrado em Química. 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.
- ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F. & GUIMARÃES, J. T. F. 2012. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, 42, 115–124.
- MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B. & LOBO, E. A. 2012. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 24(1), 29-42.

ANA – Agência Nacional das Águas. 2013. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013**. Brasília.

MAGNUSSON, W.; BRAGA-NETO, R.; PEZZINI, F.; BACCARO, F.; BERGALLO, H.; PENHA, J.; RODRIGUES, D.; VERDADE, L. M.; LIMA, A.; ALBERNAZ, A. L.; HERO J-M.; LAWSON, B.; CASTILHO, C.; DRUCKER, D.; FRANKLIN, E.; MENDONÇA, F.; COSTA, F.; GALDINO, G.; CASTLEY, G.; ZUANON, J.; VALE, J.; SANTOS, J. L. C.; LUIZÃO, R.; CINTRA, R.; BARBOSA, R. I.; LISBOA, A.; KOBLITZ, R. V.; CUNHA, C. N. & PONTES, A. R. M. 2013. **Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado**. Manaus.

ALVES, M. T. R.; TERESA, F. B. & NABOUT, J. 2014. A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 26, 245–253.

BEZERRA, G. S. C. L.; OLIVEIRA, E. J. A.; SILVA, R. F. & CARVALHO, R. M. C. M. O. 2014. Unidades de conservação no contexto de bacia hidrográfica: os refúgios de vida silvestre Matas de Água Azul e Matas de Siriji na bacia do Rio Goiana, em Pernambuco. **Anais CONGESTAS 2014** - Congresso Brasileiro Gestão Ambiental e Sustentabilidade. João Pessoa, PB, Brasil, 6.

ALVES, L. H. B. 2015. **Modelagem da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no alto estuário do Rio Goiana**. Monografia, Bacharelado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. (2015). **Relatório de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco - 2014**. Recife.

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

RAMOS, M. A. G. 2015. **Avaliação da qualidade da água dos Rios Jaguari e Atibaia por meio do índice de qualidade da água - IQA e ensaios toxicológicos**. Tese, Doutorado em Ciências Biológicas e Microbiologia. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil.

ALVES, L. H. B. 2016. **Tendências temporais e espaciais da balneabilidade das praias do município de Goiana: perspectivas históricas e futuras diante das transformações socioeconômicas do Zona da Mata e Litoral Norte do estado de Pernambuco**. Dissertação, Mestrado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

SEMARH - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. 2017. **Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no período de setembro a novembro de 2016**. Natal-RN: SEMARH, 2016.

CARVALHO, J. A. R.; OLIVEIRA, N. M. G. A.; SILVA, H. P. B. Identificação e avaliação de impactos ambientais em domínios urbanos e rurais do entorno do Rio Tracunhaém,

município de Nazaré da Mata-PE. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 39, v. 2, p. 160-174, mês Jul/Set. 2017.

COSTA, C. R.; COSTA, M. F. & BARLETTA, M.; ALVES, L. H. B. 2017. Interannual water quality changes at the head of a tropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, 189, 628, 1-13.

ORTEGA, D. J. P. & POMPEO, M. L. M. 2017. Determinação da Pressão Ambiental que o Uso da Terra Exerce sobre os Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Juqueri, no Município de Mairiporã, Estado de São Paulo, Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 6(3), 264-286.

PIRATOBA, A. R. A; RIBEIRO, H. M. C; MORALES, G. P. & GONÇALVES, W. G. 2017. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, 12(3), 435-456.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E. & OLIVEIRA, S. M. A. C. 2017. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22, 13–24.

AMÂNCIO, D. V.; COELHO, G.; MARQUES, R. F. P. V.; VIOLA, M. R. & MELLO, C. R. 2018. Qualidade da água nas sub-bacias hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes, Minas Gerais. **Revista Scientia Agraria**, 19, 75-86.

COSTA, C. R.; COSTA, M. F. & BARLETTA, M. 2018. Interannual and Seasonal Variations in Estuarine Water Quality. **Frontiers in Marine Science**, 5, 301, 1-12.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, A S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. *Eng. Sanit. Ambient.*, 23(1), jan/fev 2018, 33-46.

COSTA, C. R.; COSTA, M. F. & BARLETTA, M. 2019. Análise Integrada da Qualidade da Água na Bacia e no Complexo Estuarino do Rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Revista Costas**, 1(1), 133-146.

Araújo, J. C. M. J. 2020. Análise do monitoramento da qualidade da água de rios da bacia hidrográfica do Rio Goiana. **Revista Geociências UNG-Ser**, Guarulhos-SP, v. 19, n. 2.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no estado de São Paulo 2020. São Paulo, 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. 2021. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2019: resumo executivo anual**. Belo Horizonte: Igam, 211 p.: il.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2022. **Observando os Rios 2022: O Retrato da Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas da Mata Atlântica**.

INPE/CPTEC Dados históricos – 32290 (2001 a 2014). Disponível em: <http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/historico/passo2.php> . Acesso em: 22.04.2022.