

Contribuição individual dos parâmetros do índice de qualidade da água– IQA do rio Cachoeira, região sul da Bahia

Individual contribution of the parameters of the water quality index – WQI for the Cachoeira River, south of Bahia

Valdex de Jesus Santos

Mestre em Modelagem Matemática e Computacional - UESC. Prof. efetivo do Instituto Federal da Bahia / IFBA, Campus Jequié. (valdexsantos@ifba.edu.br)

Francisco Bruno Souza Oliveira

Doutor em Modelagem Computacional - IPRJ/UERJ. Prof. Adjunto da Universidade Estadual de Santa Cruz / UESC. (fbsoliveira@uesc.br)

Eduardo Silva Palmeira

Doutor em Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Prof. Adjunto da Universidade Estadual de Santa Cruz / UESC. (espalmeira@uesc.br)

Resumo

A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC), localizada na Região Sul da Bahia, é a maior bacia da região leste do estado. Tem como principal afluente o rio Cachoeira e abrange 12 municípios, entre eles Itabuna e Ilhéus, cidades estas que possuem o maior contingente populacional e a maior economia da região. Além de sua importância ambiental, o rio Cachoeira é a base de subsistência das famílias ribeirinhas que usam o rio como fonte de água, alimentação, renda e lazer. Neste estudo, foi calculado o Índice de Qualidade de Água (IQA), para dados de monitoramento, durante quatro anos em três pontos do rio Cachoeira. O IQA sumariza nove parâmetros em um único número através de um produto ponderado, em que cada peso atribuído identifica a relevância do parâmetro correspondente à qualidade da água. Este trabalho analisou a contribuição de cada parâmetro, bem como o impacto de cada um no cálculo do índice. Verificou-se que alguns parâmetros, mesmo com altos desvios em relação aos valores esperados, não apresentam impacto significativo sobre o cálculo do Índice, mascarando aspectos importantes da qualidade da água.

Palavras-chave: Impacto dos Parâmetros, Índice de Qualidade da Água, Rio Cachoeira.

Abstract

The Hydrographic Basin of Rio Cachoeira (BHRC), located in the south of Bahia, is the largest basin eastern region of Bahia. It has as a main tributary the Cachoeira river and covers 12 cities, including Itabuna and Ilheus, which are the cities with the largest economy and population of the region. In addition to its environmental importance, the Cachoeira river is the source of livelihood of riverside families who use the river to supply water food, income and leisure. In this study was calculated the Water Quality Index -WQI with monitoring data for 4 years at three points of Cachoeira River. The WQI summarizes nine parameters on a single number through a weighted product, where each assigned weight identifies the relevance of the corresponding parameter in water quality. We propose in this paper to analyze the individual contribution of each parameter of the WQI, and the impact of each one on the calculated value for the index. It was possible to verify that, some parameters, even with high deviations from the expected values, did not represent a significant impact on the calculated index, hiding important aspects of the water quality.

Keywords: Impact of the Parameter, Water Quality Index, Cachoeira River.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC) situa-se entre as coordenadas 14° 42' 00"/15° 20' 00" S e 39° 01' 00"/40° 09' 00" W,

na Região Sul da Bahia, sendo a maior das bacias da região leste do estado. Tem como principal afluente o rio Cachoeira e abrange 12 municípios, entre eles Itabuna e Ilhéus, cidades estas com o maior contingente

populacional e a maior economia da região (LÚCIO; SANTOS; SILVA, 2012).

Além de sua importância socioambiental, histórico-cultural, turística e econômica, o rio Cachoeira é base de subsistência das famílias ribeirinhas, que utilizam a água como fonte de alimentação, renda, através da pesca, e também para o lazer. A água do rio alimenta indústrias, irriga plantações e é do seu leito que resulta o comércio da areia lavada que garante o sustento dessas famílias. Essa população sofre bastante com os efeitos nocivos da poluição que assola o leito d'água. Segundo Santos *et al.* (2013), do ponto de vista antropogênico, a Bacia do Rio Cachoeira é considerada um absorvedouro de dejetos de origens domésticas, industriais e agrícolas.

O IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation (NSF-USA)* em 1970 (NSF, 2003) e começou a ser adotado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) em 1975 (LOPES; MAGALHÃES JR, 2010). Tal índice é calculado através de um produtório ponderado de nove parâmetros de qualidade da água (oxigênio dissolvido, potencial de hidrogênio, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, variação de temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais).

turbidez e sólidos totais) e pela seguinte fórmula:

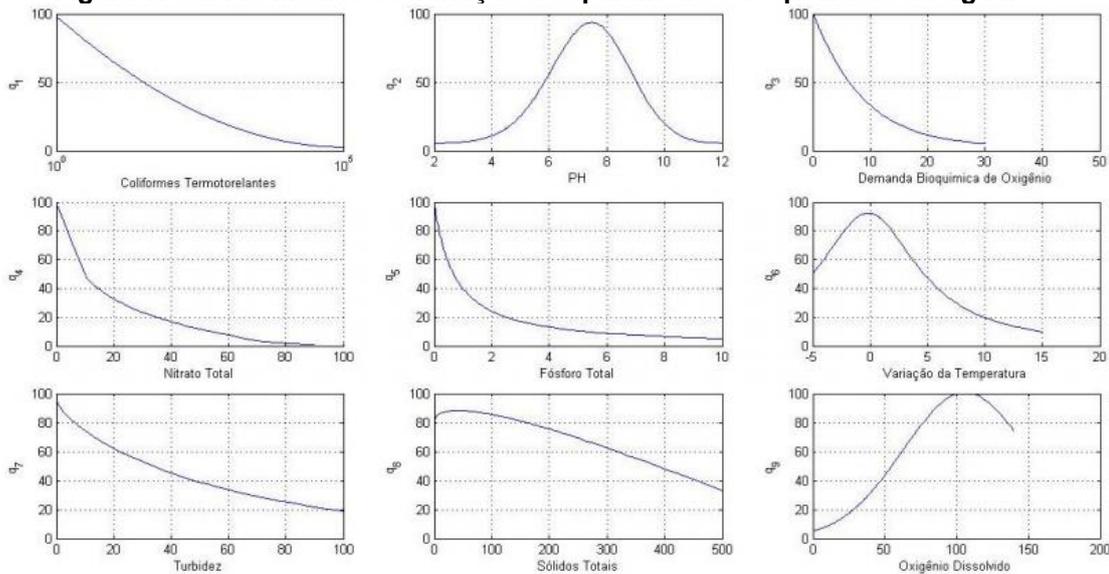
$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde: *IQA* é o índice de qualidade da água, variando de 0 a 100; q_i representa a qualidade do *i*-ésimo parâmetro (entre 0 e 100), obtido da sua respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida (conforme Figura 1); e w_i é o peso correspondente ao *i*-ésimo parâmetro (valor entre 0 e 1), atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade da água (ver Quadro 1).

Com base no resultado do IQA calculado pela fórmula acima, classifica-se a qualidade da água entre ótima, boa, regular, ruim ou péssima, conforme Quadro 2.

Os índices apresentam a vantagem de sumarizar, em um único valor, as variáveis utilizadas em seu cálculo, favorecendo a interpretação, compreensão e divulgação dos resultados, entretanto, há uma perda na interpretação das variáveis individuais. Assim, foi feito, neste trabalho, o estudo da contribuição individual dos nove parâmetros que compõem o IQA.

Figura 1: Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade da água.



Fonte: Autoria própria baseado nas equações apresentadas em Grunitzki *et al.*, 2013.

Quadro 1: Parâmetros de qualidade da água com seus respectivos pesos.

Parâmetros	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
PH	0,12
DBO	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,10
Fósforo Total	0,10
Variação de Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

 Fonte: Grunitzki *et al.*, 2013.

Quadro 2: Intervalo de Valores do IQA e classificação da qualidade da água.

Intervalo	Classificação
$79 < IQA \leq 100$	ÓTIMA
$51 < IQA \leq 79$	BOA
$36 < IQA \leq 51$	REGULAR
$19 < IQA \leq 36$	RUIM
$IQA \leq 19$	PÉSSIMA

 Fonte: Grunitzki *et al.*, 2013.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Análise dos Dados Brutos Obtidos

Foram obtidos junto ao INEMA – Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2015) dados de coletas, indicadas por C1 e C2, feitas em três pontos do rio Cachoeira, os quais constam na Tabela 1, entre os anos de 2010 e 2013. Os valores em destaque estão fora dos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

O ponto 1 está localizado no pontilhão situado na área urbana do município de Itapé,

a 19 km de Itabuna; o ponto 2, sob a 2ª ponte à montante do barramento, sentido Ilhéus/Itabuna, na zona urbana de Itabuna; e o terceiro ponto à jusante da localidade Salobrinho, acesso pela BR-415 rodovia Itabuna/Ilhéus, 8,4 km após a entrada da CEPLAC, estrada que dá acesso ao Japu, na ponte sob o rio Cachoeira, a cerca de 150 m da citada BR. A Tabela 2 exibe a latitude e longitude de cada ponto de coleta, e a Figura 2, a localização geográfica dos respectivos pontos com base nas coordenadas da referida tabela.

Tabela 2: Pontos de coleta

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Latitude	14°53'8"	14°47'18,2"	14°48'9,6"
Longitude	39°25'39,5"	39°16'12,1"	39°9'10,4"

Fonte: Autoria própria.

Tabela 1: Valores dos parâmetros coletados no rio Cachoeira

Parâmetro	Ponto de coleta	Coletas							
		C1/10	C2/10	C1/11	C2/11	C1/12	C2/12	C1/13	C2/13
Oxigênio Dissolvido (mínimo: 5 mg L ⁻¹)	1	5,8	7,3	8,9	7,6	5,7	6,1	8,7	7,5
	2	3,5	1,2	5,0	4,7	0,1	1,3	2,5	5,9
	3	4,8	5,2	7,4	6,2	3,6	5,1	4,1	6,5
Coliformes Termotolerantes (Máximo: 1000 NMP/100 mL)	1	4.800	540	5.400	17.000	1.500	2.400	5.400	4.300
	2	35.000	150.000	16.000	17.000	540.000	16.000	16.000	9.200
	3	330	140	490	1.300	130	330	110	110
pH (recomendado: 6 - 9)	1	7,9	9,4	8,1	8,3	7,7	7,7	7,4	7,0
	2	7,4	7,8	7,4	7,8	7,4	6,9	6,9	6,8
	3	7,4	8,0	7,0	7,4	7,6	6,8	6,8	6,5
Demanda bioquímica de oxigênio (máximo: 5 mg L ⁻¹)	1	1	2	2	2	2	2	2	2
	2	15,0	10,5	4	4	5	3	4	2
	3	2,8	2,7	2	2	2	2	2	2
Nitrogênio total (máximo: 10 mg L ⁻¹)	1	0,8	2,1	1	1	1	4	1	1
	2	8,3	12,3	3	3	1	4	3,9	2
	3	2,1	7,6	4	1	1	3	3,9	2
Fósforo total (máximo: 0,1 mg L ⁻¹)	1	0,1	0,1	4,3	0,2	0,1	0,8	0,3	0,1
	2	1,0	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,3
	3	0,9	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3
Temperatura (°C)	1	31,5	24,3	27,7	29,4	25,9	30,1	27,3	25,5
	2	30,3	25,5	25,7	27,1	26,5	29,7	27,9	26,1
	3	30,3	25,0	26,3	29,1	24,1	30,1	26,7	25,4
Turbidez (Máximo: 100 UNT)	1	4,7	9,3	3,4	3,2	1,5	22,8	15,6	3,0
	2	27,4	10,5	10,4	7,8	3,5	34,2	4,0	4,4
	3	8,7	7,2	9,3	9,7	1,0	31,4	2,3	2,0
Sólidos totais dissolvidos (máximo: 500 mg L ⁻¹)	1	167	261	294	354	298	298	244	196
	2	355	388	252	360	352	352	284	244
	3	348	404	222	346	318	318	344	222
IQA	1	65	65	52	57	67	59	62	65
	2	36	28	51	49	30	37	43	58
	3	63	63	69	65	63	63	63	73

Fonte: INEMA, 2015.

Conforme observado na Tabela 1, o parâmetro coliformes termotolerantes apresentou valores fora dos padrões em todas as coletas no ponto 2 e na maioria das coletas no ponto 1. Foi o parâmetro com maior desvio padrão em todos os três pontos, indicando que

os valores apresentados estão muito dispersos em relação à média. Além deste, o fósforo também apresentou valores médios fora dos padrões em todos os pontos, com maior desvio padrão no ponto 1.

Figura 2: Representação geográfica dos pontos de coleta



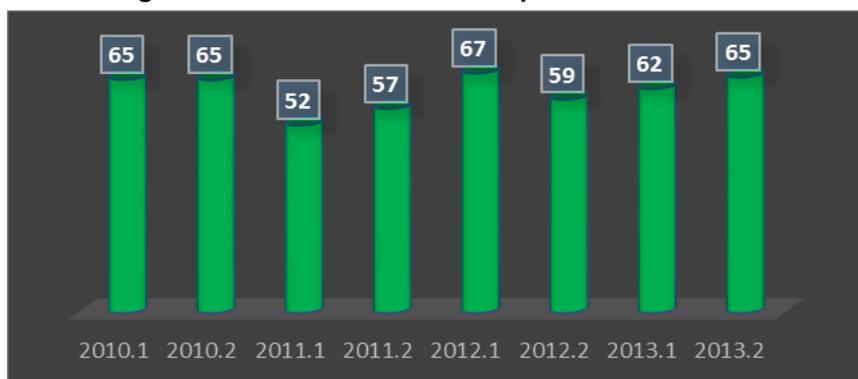
Fonte: Autoria própria.

2.2 Análise dos Valores do IQA

Calculou-se o IQA do rio Cachoeira referente a cada uma das coletas, obtendo os resultados apresentados na Tabela 1 e exibidos nos gráficos das Figuras 3, 4 e 5. No ponto de coleta 1 (Figura 3), a água ficou classificada como boa em todas as coletas,

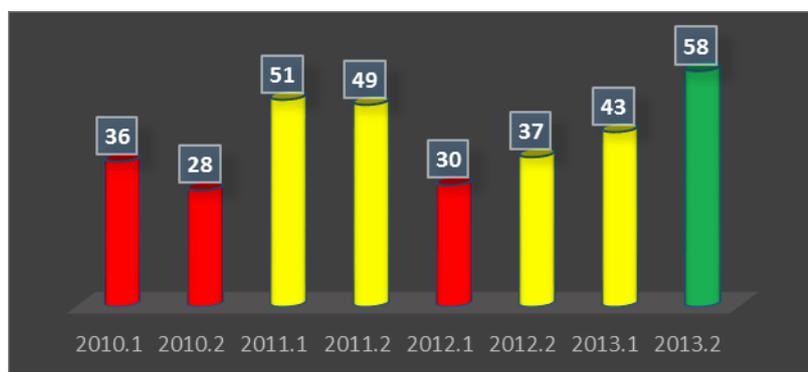
assim como no ponto 3 (Figura 5). Já no ponto 2 (Figura 4), a qualidade da água ficou classificada como ruim em três das oito coletas, regular em quatro, e boa em apenas uma delas.

Figura 3: Resultados do IQA no ponto de coleta 1.

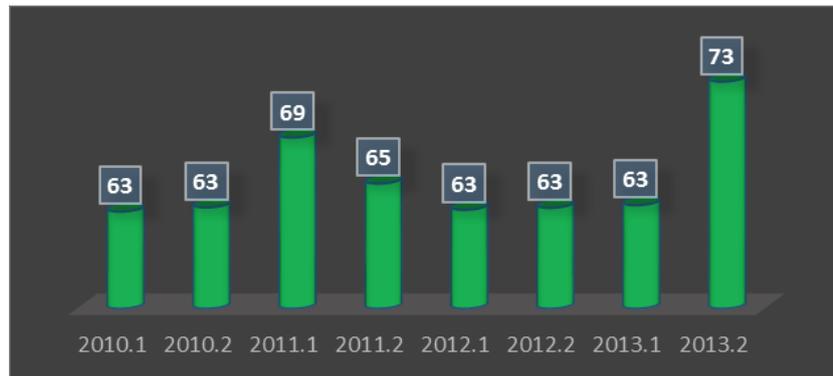


Fonte: Autoria própria

Figura 4: Resultados do IQA no ponto de coleta 2.



Fonte: Autoria própria

Figura 5: Resultados do IQA no ponto de coleta 3.


Fonte: Autoria própria.

Nas coletas do ponto 1, apesar dos parâmetros coliformes termotolerantes e fósforo total estarem fora dos padrões determinados pela Resolução CONAMA 357/2005, os IQA's dessas coletas foram relativamente altos, sendo a água classificada como boa. Isso é um inconveniente do cálculo do IQA, pois é resultado de um produtório em que multiplicações potencializam o resultado, desconsiderando ou neutralizando poucos valores com notas de qualidade (q_i) baixas. Sendo assim, se a maioria dos parâmetros se apresenta em valores satisfatórios, a tendência do IQA é apresentar valor alto. Além disso, parâmetros com maior peso influenciam mais nos resultados em detrimento dos que têm menor peso.

Nesse sentido, o IQA não reflete a poluição dos corpos hídricos por todos os parâmetros que o compõem. Nessa perspectiva, este trabalho se propõe a analisar a contribuição individual dos parâmetros para o cálculo do IQA, ou seja, o quanto cada parâmetro influencia no resultado do índice. Assim, é possível saber quais substâncias presentes na água estão sendo determinantes para um IQA mais (ou menos) elevado, dando a real informação da qualidade da água com base nas concentrações apresentadas.

2.3 Avaliação dos Impactos dos Parâmetros do IQA

Para fins de representação gráfica e comparação, dividiram-se os nove parâmetros em grupos de acordo com o peso do IQA. No grupo 1, estão os parâmetros com maior peso: oxigênio dissolvido (peso 0,17), coliformes

termotolerantes (peso 0,15) e potencial de hidrogênio (peso 0,12). No grupo 2, os quatro parâmetros com peso intermediário e iguais no IQA: demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total e temperatura, todos com peso 0,1. No grupo 3, os parâmetros com menor peso: turbidez e sólidos totais, ambos com pesos iguais a 0,08, conforme foi apresentado no Quadro 1.

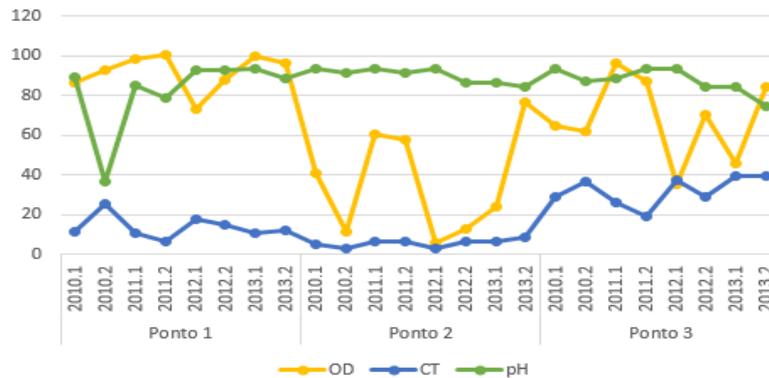
A Figura 6 apresenta o comportamento dos parâmetros do grupo 1. Pode-se observar que o parâmetro que menos contribui para obtenção de um IQA mais elevado foi coliformes termotolerantes. O oxigênio dissolvido também apresentou q_i baixo para o grupo em boa parte do período avaliado, sendo que sua menor contribuição foi no ponto 2. Isso se explica pelo fato de nesse ponto o parâmetro apresentar quase todos os valores abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.

Em relação ao grupo 2, observa-se que o fósforo total foi o que menos contribuiu para um IQA mais elevado (Figura 7), pois apresenta valores elevados na maioria das coletas. Assim, é preciso uma atenção especial no que tange ao despejo de substâncias ricas em fósforo no rio. Observou-se, durante as coletas, que em alguns pontos do rio existem empresas que prestam serviços de lavagem de carros (lava-jatos), cuja água utilizada jorra de volta para o rio, porém, repleta de produtos ricos em fosfato. Tal substância contribui para eutrofização dos corpos d'água e consequente diminuição do oxigênio na água.

No grupo 3, os dois parâmetros (turbidez e sólidos totais), em geral, apresentaram boas contribuições em todos os pontos (Figura 8), pois se apresentaram dentro dos padrões

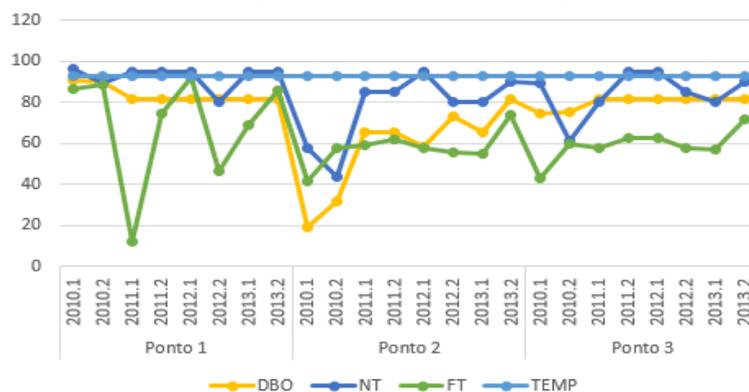
definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em todas as coletas.

Figura 6: Contribuição dos parâmetros do grupo 1 para o IQA.



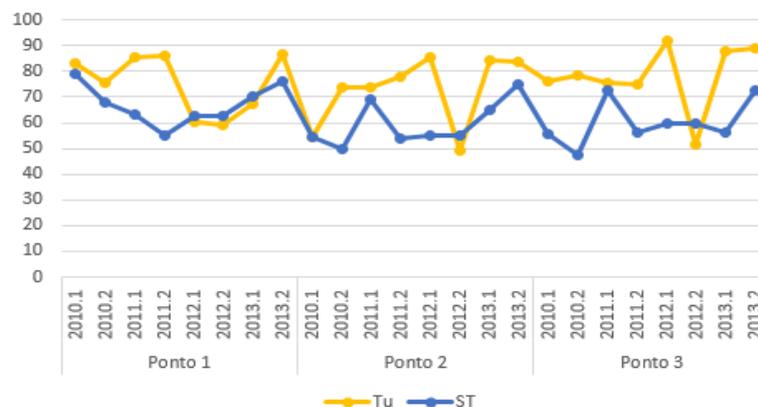
Fonte: Autoria própria.

Figura 7: Contribuição dos parâmetros do grupo 2 para o IQA.



Fonte: Autoria própria.

Figura 8: Contribuição dos parâmetros do grupo 3 para o IQA.



Fonte: Autoria própria.

3. CONCLUSÃO

O IQA fornece um valor baseado em produtivo, que pode apresentar valores altos, mesmo quando alguns parâmetros estão fora dos padrões recomendados pelos órgãos ambientais. Mesmo com pesos diferentes no cálculo do IQA, as variáveis que o determinam se organizam de modo diverso em cada ponto, dependendo das condições do ambiente de coleta.

Embora o valor do IQA possa manter-se em uma mesma faixa alta, classificando a água como boa ou excelente em determinados pontos, o mesmo não se pode dizer para as variáveis, quando estudadas isoladamente. As oscilações das variáveis do IQA compensam-se umas às outras, mantendo o índice relativamente estável em um patamar. Entretanto, essa relativa “estabilidade” esconde flutuações importantes na qualidade da água no ambiente, as quais devem ser monitoradas e analisadas com maior cuidado, a fim de que se possam corrigir eventuais problemas. Para contornar as limitações, outras técnicas podem ser empregadas para análise da qualidade da água dos mananciais, tais como Lógica Fuzzy que permite incorporar à simulação subjetividades existentes nos problemas ambientais. Essa técnica de estudo de qualidade da água será abordada no nosso próximo artigo.

Dentre os parâmetros analisados, observou-se que as concentrações de coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido e fósforo total são as que mais frequentemente ultrapassaram os limites legais. Neste aspecto, os órgãos responsáveis pela fiscalização da qualidade da água na região devem empregar maior esforço para garantir que os parâmetros estejam em níveis que atendam à legislação.

O parâmetro coliformes termotolerantes foi o que apresentou a nota de qualidade (q_i) mais baixa, ou seja, com menor contribuição para o IQA, principalmente no ponto de coleta 2. Também nesse ponto, o oxigênio dissolvido apresentou notas de qualidade baixas. Pouco oxigênio dissolvido e altas concentrações de coliformes indicam grande quantidade de matéria orgânica e despejos de esgotos domésticos na água. Esse ponto está localizado na zona urbana de Itabuna, num trecho em que o saneamento básico é

precário, o que ajuda a explicar os valores discrepantes encontrados.

Investimento em projetos de pesquisa que visem à recuperação do rio Cachoeira, principalmente nos lugares mais afetados pela poluição, torna-se imprescindível de forma a garantir a manutenção da biodiversidade aquática, assim como manter a qualidade da água a ser utilizada pela população.

4. REFERÊNCIAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 02 jun. 2016.

GRUNITZKI, R.; FERRARI, J. C.; SILVA, A. C.; ZAMBÃO, P. H.; NECKEL, E. V. P. Ferramenta Web para determinação do Índice de Qualidade de Água a partir da reestruturação das equações que descrevem as curvas dos indicadores de qualidade. In Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS, 2013.

INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório de Parâmetros de Qualidade da Água**. 2015. Disponível em: <http://monitora.inema.ba.gov.br/>. Acesso em: 30 maio 2015.

LOPES, F.W.; MAGALHÃES JR., A.P. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na Bacia do Ribeirão de Carrancas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 6, n. 02, p. 134-147, 2010.

LUCIO, M.Z.; SANTOS, S.S.; SILVA, D.M. Hydrochemistry of Cachoeira River (Bahia State, Brasil). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 24, p. 181-192, 2012.

NSF – National Sanitation Foundation. **Índice de Qualidade da Água**. 2003. Disponível em: <http://nsfconsumer.rg/environment/Wqi.asp>. Acesso em: 15 maio 2016.

SANTOS, J.S.; SOUZA, F.M.; SANTOS, M.L.P. Distribuição de Zn, Pb, Ni, Cu, Mn e Fe nas frações do sedimento superficial do rio Cachoeira na região sul da Bahia, Brasil. **Química Nova**, v. 36, n. 02, p. 230-236, 2013.