



VARIAÇÃO DO IQA E ICE NO RIBEIRÃO ESPÍRITO SANTO-MG

DOI: 10.19177/rgsa.v9e12020460-482

Juliana Mattos Bohrer Santos¹
Isabela Regina Silva²
Maria Helena Rodrigues Gomes³
Renata de Oliveira Pereira⁴

RESUMO

O ribeirão Espírito Santo é um dos principais corpos hídricos da cidade de Juiz de Fora, responsável pelo abastecimento de água potável para 40% da população. O ribeirão Espírito Santo atravessa o Distrito Industrial da cidade, onde ocorre o lançamento de diversos efluentes, antes de desaguar no rio Paraibuna, tornando-se assim um afluente potencialmente poluidor. Este estudo tem por finalidade avaliar a qualidade da água do ribeirão Espírito Santo, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) a fim de obter um panorama do nível de poluição do mesmo e verificar a magnitude de seu impacto no rio Paraibuna. Foram analisados parâmetros de qualidade da água no ribeirão Espírito Santo, no córrego Gouveia e no rio Paraibuna, de 2013 a 2017. Observou-se que o trecho do ribeirão Espírito Santo com pior qualidade das águas é o situado próximo ao Distrito Industrial. A piora do Índice de Qualidade da Água de montante para jusante do exutório do ribeirão Espírito Santo no rio Paraibuna foi observada, demonstrando a influência do ribeirão Espírito Santo no rio Paraibuna, no entanto o Índice de Conformidade ao Enquadramento não conseguiu representar essa realidade. A precipitação demonstrou correlação com o Índice de Qualidade da Água, principalmente no mês mais chuvoso. Portanto, a qualidade das águas do ribeirão Espírito Santo demonstra uma degradação ao longo do mesmo, uma variação com a sazonalidade além de impactar o rio Paraibuna, negativamente.

Palavras-chave: qualidade da água. poluição. precipitação. índices.

¹ Engenheira Ambiental e Sanitarista. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Minas Gerais. <https://orcid.org/0000-0002-4947-6881>. E-mail: juliana.mattosbs@gmail.com

² Engenheira Ambiental e Sanitarista. Trainee em gestão empresarial. UFJF. <https://orcid.org/0000-0001-6630-3504> E-mail: isabela.silva@engenharia.ufjf.br

³ Engenheira Civil. Doutora em Engenharia Civil - área de concentração Hidráulica e Saneamento. Professora Associada II da UFJF. Universidade Federal de Juiz de Fora. <http://orcid.org/0000-0001-6695-2918> E-mail: mariahelena.gomes@ufjf.edu.br

⁴ Engenheira Ambiental. Doutora em Ciências área de Hidráulica e Saneamento. Professora Adjunta 4 da UFJF. <http://orcid.org/0000-0002-3414-7292> E-mail: renata.pereira@ufjf.edu.br

VARIATION OF WQI AND IFCIN THE ESPIRITO SANTO RIVER-MG

ABSTRACT

Espírito Santo River is one of the main rivers in Juiz de Fora city, and it is responsible for supplying drinking water to 40% of the population. The Espírito Santo River flows through the city's Industrial District, where several effluents are released, before reaching Paraibuna River, thus becoming a potentially polluting tributary. This study aims to evaluate the water quality of Espírito Santo River, using the Water Quality Index (WQI) and the Framework Conformity Index (FCI), in order to obtain an overview of its pollution level, and verify the magnitude of its impact on Paraibuna River. In this way, water quality parameters were analyzed along the Espírito Santo River, in the Gouveia stream and in the Paraibuna River, from 2013 to 2017. After analyzing the results, it was observed that the Espírito Santo River section which has the worst water qualities is the one located near the Industrial District. The worsening of the Water Quality Index from the point before to the point after the Espírito Santo River reached the Paraibuna River was observed, demonstrating the influence of the Espírito Santo River in the Paraibuna River, however the Framework Conformity Index couldn't represent this reality. Precipitation showed a correlation with the Water Quality Index, especially on rainy months. Therefore, the Espírito Santo River water quality results show the degradation increase along the river and its seasonality variation, besides the negative impact of the Espírito Santo River on Paraibuna River.

Keywords: water quality. pollution. precipitation. indexes.

1 INTRODUÇÃO

Em termos globais o Brasil possui elevada disponibilidade hídrica, contudo, esse recurso possui uma distribuição bastante heterogênea no país (ANA, 2019). Grande parte do total de água disponível se concentra na Amazônia, região que possui as menores concentrações populacionais, enquanto no Sudeste do país, onde se encontra a maior demanda por água, a disponibilidade hídrica é baixa (LEÃO, DA PAZ E CABIM, 2016).

A escassez hídrica não se deve somente à heterogeneidade na distribuição da água e ao aumento das demandas, mas também à elevação dos níveis de degradação da qualidade da água ocorrida ao longo dos anos (TUCCI E CHAGAS, 2017; TRINDADE *et al.*, 2017).

A degradação da qualidade da água pode ocorrer na forma de poluição ou contaminação. Segundo Von Sperling (2014) a poluição das águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que alterem a natureza do corpo d'água de forma que prejudique os usos que dele são feitos. Por outro lado, a contaminação ocorre quando a poluição resulta em prejuízos à saúde humana. Nesse sentido, o combate à poluição antropogênica dos mananciais brasileiros é imprescindível para que o panorama da qualidade de água no Brasil não se torne ainda mais crítico.

A qualidade da água de um determinado corpo hídrico está relacionada às condições naturais e ao uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica (PIRATOBA, 2017; REIS *et al.*, 2017). Nesse contexto, com base no mapeamento do uso preponderante da bacia hidrográfica, define-se a classe condizente com o uso atual ou pretendido dos corpos d'água.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 classifica as águas doces em cinco classes: classe especial e classes 1, 2, 3 e 4, não sendo permitido o lançamento de efluentes (mesmo tratados), em águas de classe especial, devendo-se manter sua condição natural, possibilitando assim os usos mais exigentes. Para as demais classes, são admitidos níveis crescentes de poluição, impossibilitando cada vez mais um uso que necessite de elevada qualidade das águas.

Para todas as classes foram estabelecidos valores padrão de cada parâmetro, que são limites adotados como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente. Esses padrões são estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000 a nível nacional e pela DN COPAM 01/2008 no estado de Minas Gerais e norteiam o monitoramento dos corpos hídricos, uma vez que permitem a verificação da adequação da qualidade da água aos seus respectivos usos (PEIXOTO, STUDART E CAMPOS, 2016).

Com a finalidade de promover a comunicação com o público sobre as condições ambientais dos corpos hídricos foi criado o Índice de Qualidade das Águas – IQA, cujo resultado é associado a uma classificação qualitativa que varia da categoria excelente a muito ruim (IGAM, 2014; CORNELLI *et al.*, 2016). Esse índice é composto por 9 parâmetros de qualidade da água considerados por 142 especialistas como os mais importantes para a caracterização da qualidade de um corpo d'água, sendo eles: Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO_{5,20}, Coliformes Termotolerantes, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total e Turbidez (IGAM, 2014; CORNELLI *et al.*, 2016).

Destaca-se que uma das principais limitações do IQA é o fato de muitas vezes ocorrer a atenuação de um ou mais parâmetros frente aos utilizados no cálculo, reduzindo a relevância de alguns resultados e causando erros de interpretação (SILVA, 2012). Outra desvantagem do índice está relacionada ao fato do IQA refletir, principalmente, a poluição causada pelo lançamento de cargas orgânicas. Dessa forma, parâmetros como metais pesados, pesticidas, entre outros, não são analisados (SILVA, 2012).

Adicionalmente o IQA não analisa o atendimento às legislações vigentes, sendo apenas um instrumento de comunicação com o público a respeito das condições de um corpo d'água. Dessa forma, diante da necessidade de se verificar a adequação da qualidade da água atual à estabelecida pelo enquadramento de um manancial a uma determinada classe criou-se o Índice de Conformidade de Enquadramento - ICE. O enquadramento representa a qualidade da água desejável para atender aos usos propostos para o corpo hídrico e não necessariamente a qualidade da água atual (IGAM, 2014).

O ICE é obtido pela associação de três fatores (abrangência, frequência e amplitude) que representam a inadequação dos parâmetros de qualidade da água analisados em relação aos valores limites estabelecidos na legislação (IGAM, 2014). Amaro (2009) destaca que uma das desvantagens do ICE é o fato do fator abrangência possuir maior peso no valor final do índice quando existem poucos parâmetros, fornecendo um resultado parcial sobre a qualidade da água.

Da mesma forma que o IQA, o resultado do ICE também é classificado qualitativamente, sendo dividido em cinco categorias que variam de ótimo a péssimo. A categoria “ótimo” indica que a qualidade da água está em conformidade com a proposta pelo seu enquadramento, e “péssimo” indica que a qualidade da água se afasta dos padrões instituídos pelo enquadramento (CCME, 2001).

O uso desses índices como ferramenta de avaliação das condições da qualidade da água de corpos d'água auxilia o controle da poluição dos mesmos, já que permite uma análise integrada de todos os parâmetros monitorados.

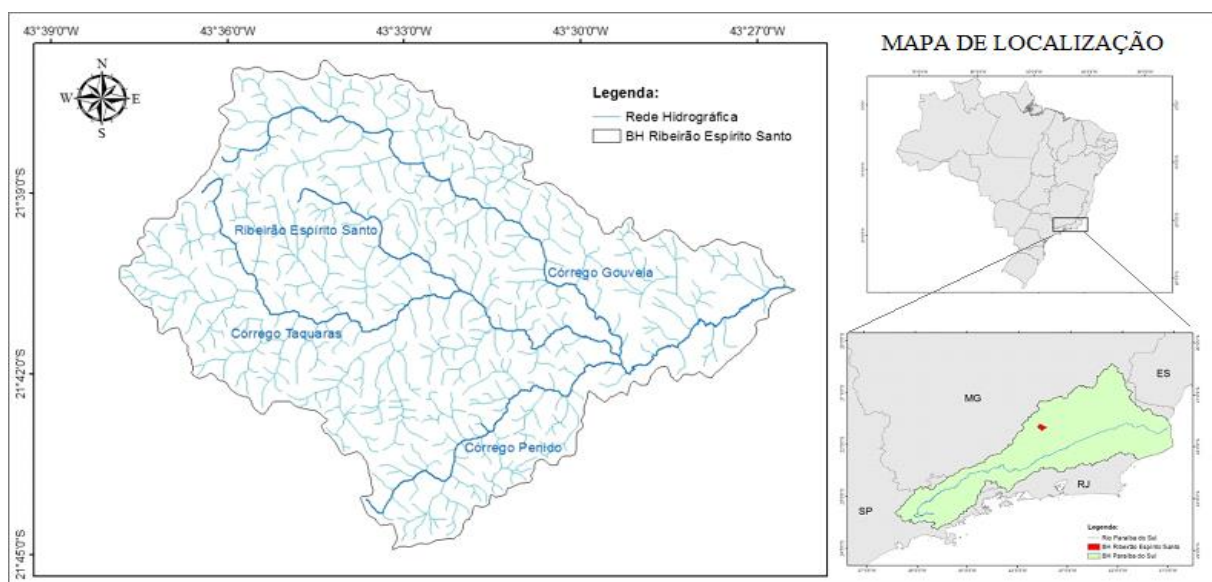
Os resultados do IQA e ICE foram avaliados considerando aspectos temporais (variação sazonal) e espaciais (8 pontos de monitoramento) com a finalidade de traçar um panorama da qualidade das águas do RES) e verificar a magnitude de seu impacto no RP.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

O RES é afluente do rio Paraibuna pela margem direita, pertencendo, portanto, à bacia do rio Paraíba do Sul (Figura 1). Próximo ao seu exutório está o Distrito Industrial de Juiz de Fora, onde estão situadas várias empresas dos mais diferentes segmentos, algumas delas se destacam pelo seu potencial poluidor (LOUZADA *et al.*, 2014).

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do RES.



A bacia hidrográfica do RES é caracterizada por possuir uso e ocupação predominante rural, com 98,24% da sua área ocupada por pastagens, silvicultura e mata (PINTO *et al.*, 2014). A área mais antropizada está concentrada próxima ao exutório, especialmente em uma área que abrange parte do Distrito Industrial (PINTO *et al.*, 2014).

O principal uso da bacia hidrográfica é o abastecimento de água potável. A Estação de Tratamento de Água (ETA) recebe água do RES, produzindo uma vazão de 620 L.s⁻¹, e abastecendo aproximadamente 40% da população da cidade (SANTOS *et al.*, 2015).

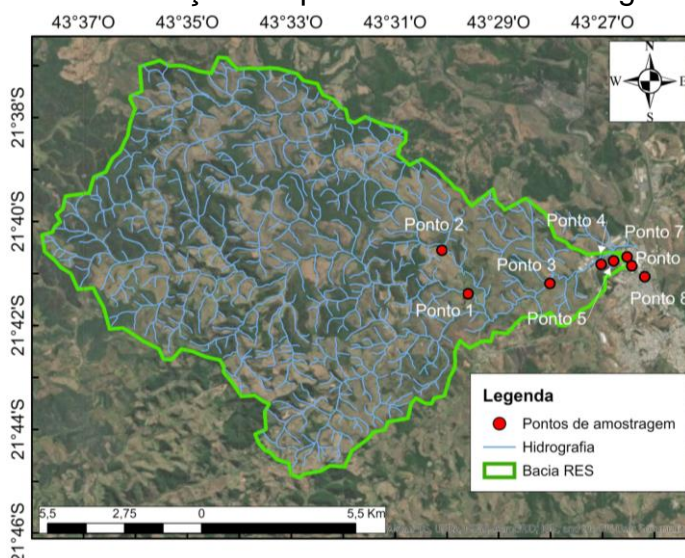
No que tange ao seu enquadramento, o ribeirão é enquadrado como classe 1 das nascentes até a captação da ETA, sendo que após a captação, o ribeirão recebe a mesma classificação do Rio Paraibuna no trecho onde deságua, ou seja, classe 2 (COPAM, 1996; PORTARIA MINTER, 1981).

2.2 Localização dos pontos de amostragem

Com o intuito de avaliar o grau de poluição das águas do RES, foram realizadas dez campanhas, ocorridas nos seguintes meses: junho, setembro, outubro e dezembro de 2013, janeiro e março de 2014, março de 2015, março e outubro de 2016 e julho de 2017. No primeiro ano de monitoramento, as campanhas eram realizadas bimestralmente, com o objetivo de cobrir um ciclo hidrológico (junho/2013 a março/2014). Após o primeiro ano, as campanhas foram alocadas de forma a conseguir obter uma representação dos impactos causados ao manancial, pelos lançamentos de efluente, durante as épocas de chuva e seca (períodos mais críticos). Nessa etapa foram considerados apenas os pontos de amostragem que apresentaram maior poluição durante o primeiro ano de monitoramento e o cronograma de coletas foi ajustado de acordo com a disponibilidade da equipe e do Quarto Batalhão de Bombeiros Militar – Juiz de Fora.

Durante as seis primeiras campanhas foram analisados oito pontos, sendo cinco no RES (Pontos 1, 3, 4, 5, 6), um no tributário (córrego Gouveia - Ponto 2) e dois no rio Paraibuna (Pontos 7 e 8) (Figura 2). Na sétima coleta foram monitorados apenas os pontos 4 e 5, enquanto nas três últimas coletas foram avaliados os pontos 3, 4 e 5, por serem os pontos com a maior poluição.

Figura 2 - Localização de pontos na bacia hidrográfica do Ribeirão Espírito Santo.



Fonte: IBGE, 2015; Sistema de coordenadas SIRGAS 2000 UTM Zona 23S, DATUM: SIRGAS 2000.

Os pontos de coleta foram, inicialmente, selecionados considerando-se as principais modificações de uso e ocupação do solo observadas em uma primeira análise, através do programa livre para obtenção de mapas Google *Earth*. Posteriormente, foi realizada uma visita exploratória a fim de verificar a acessibilidade a esses pontos e a sua identificação por GPS (Sistema de posicionamento Global).

Os pontos 1 e 2 estão localizados em uma área caracterizada por uso e ocupação do solo predominantemente rural, enquanto o ponto 3 se situa a jusante de uma extensa área residencial. O ponto 4, está a jusante da captação da ETA; o ponto 5 a jusante do lançamento de efluentes do Distrito Industrial; e o ponto 6 localizado imediatamente a montante do encontro das águas do RES com o rio Paraibuna. Os pontos 7 e 8 se localizam no rio Paraibuna, a montante e jusante do ponto de encontro com as águas do RES, respectivamente.

2.2 Análise dos parâmetros de Qualidade da Água

Durante as campanhas foram coletadas e analisadas “in situ” três pontos de amostras de águas superficiais para cada seção de amostragem e uma amostra integrada de acordo com o estabelecido pela NBR 9897. Para cada uma das amostras, em todas as campanhas, foram obtidos através das sondas multiparamétricas de qualidade da água HANNA HI9828 e HACH 58258-00 os parâmetros: pH, salinidade, temperatura, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT) e oxigênio dissolvido (OD).

Até a sexta coleta, os parâmetros cor aparente e turbidez foram obtidos no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) de acordo com o APHA (2017) e os parâmetros demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), coliformes termotolerantes, nitrogênio total (NT) e fósforo total (FT), foram obtidos em laboratório externo (Tabela1). As amostras foram conservadas de acordo com a NBR 9898.

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros analisados e laboratório em cada campanha.

Campanhas	Datas das coletas	Análises em campo	Laboratório Externo	LAQUA
1ª Coleta	06/2013			Cor
2ª Coleta	09/2013		DBO _{5,20} ¹ ,	
3ª Coleta	10/2013		DQO ² , fósforo	
4ª Coleta	12/2013	pH,	total,	Cor e turbidez
5ª Coleta	01/2014	salinidade,	nitrogênio	
6ª Coleta	03/2014	temperatura,	total e CTer ³	

7ª Coleta	03/2015	CE, SDT e	-	Cor, turbidez, DQO,
8ª Coleta	03/2016	OD	-	nitrito e nitrito
9ª Coleta	10/2016		-	Cor, turbidez, DBO _{5,20} ,
				DQO, fósforo total,
10ª Coleta	07/2017		-	nitrogênio total, CTer, <i>E. Coli</i> ⁴ e Sólidos Totais ⁵

¹Demanda Bioquímica de Oxigênio; ²Demanda Química de Oxigênio; ³Coliformes Termotolerantes; ⁴*Escherichia Coli*; ⁵Parâmetro analisado apenas na campanha 10.

A partir da sétima campanha todas as análises supracitadas foram realizadas no LAQUA de acordo com APHA (2017), Tabela 1. Alguns parâmetros tais como FT, NT, DBO_{5,20}, coliformes termotolerantes, *E.coli* e turbidez não foram analisados em algumas campanhas devido a problemas laboratoriais. Os parâmetros sólidos totais (ST) foi acrescentado na décima campanha. Os métodos utilizados para análise de cada parâmetro são apresentados na Tabela 2.

A análise dos parâmetros de qualidade da água foi realizada no ponto 6 apenas na terceira e na sexta campanhas, devido à necessidade de utilização de barco para acessar o local. O ponto 1, localizado no RES, foi incluído a partir da terceira campanha, porém não foi possível obter os valores dos parâmetros analisados em laboratório externo na quarta campanha.

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da água e os respectivos métodos de análise utilizados (APHA,2017)

Parâmetro	Método de análise	Equipamento
DBO _{5,20}	5210.B - Winkler	-
DQO	5220.D - Espectrofotométrico	Espectrofotômetro
Cor aparente	2120.C - Colorimetria fotoelétrica	Colorímetro
Turbidez	2130.B - Nefelométrico	Turbidímetro
<i>E.coli</i>	9223.B - Substrato cromogênico/fluorogênico	Colilert® e Colitag®
Coliformes termotolerantes	9222.B – Membrana filtrante	-
Sólidos Totais	2540.B - Secagem a 103°-105°	-
Fósforo Total	4500 P E	-
Nitrogênio Total	4500.N C	-
Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ .E - Redução de cádmio	Kit nitrato HACH
Nitrito	4500-NO ₃ ⁻ .B - Redução de cádmio	Kit nitrito HACH
OD	4500.OG	Sonda HANNA HI9828 / Sonda HACH 58258-00
CE	2510.B	
Salinidade	2520.B	
Temperatura	2550.B	Sonda HANNA HI9828
pH	4500.B	
SDT	-	

2.3 Índice de Qualidade da Água – IQA

O IQA foi calculado para algumas campanhas, com exceção da primeira, sétima, oitava, e nona, devido à ausência dos valores de alguns parâmetros. Na segunda e quarta campanhas o valor de IQA não foi obtido apenas para o ponto 1 e na décima campanha apenas para o ponto 4. O ponto 6 apresenta valores de IQA somente na 3 e 6 campanhas, pois foram as únicas coletas nas quais este ponto foi analisado.

Para o cálculo do IQA foram obtidos os valores de “q” de todos os pontos estudados através do *software* QualiGraf, disponibilizado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Além do valor de “q” também foi considerado o peso “w” de cada parâmetro, atribuído de acordo com sua importância para a qualidade da água, Tabela 3 (CORNELLI *et al.*, 2016).

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos para o cálculo do IQA.

Parâmetros	OD	CT	pH	DBO _{5,20}	FT	NT	Temp.	Turb.	RS
Peso (w)	0,17	0,15	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08

OD: oxigênio dissolvido; CT: coliformes termotolerantes; pH: potencial hidrogeniônico; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; FT: fósforo total; NT: nitrogênio total; Temp.: Temperatura; Turb.: Turbidez; RS: resíduo total. Fonte: CORNELLI *et al.*, 2016.

A partir da obtenção dos valores de qualidade e do peso de cada parâmetro, o IQA foi calculado através do produtório ponderado dos nove indicadores de qualidade da água (Equação 1).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

onde: IQA = Índice de Qualidade das Águas; q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro; w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro; n = o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Por fim, os valores de IQA foram classificados nas categorias de acordo com os intervalos de ponderação utilizados pelo estado de Minas Gerais (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação do Índice de Qualidade da Água.

Categoria	Excelente	Bom	Médio	Ruim	Muito Ruim
Ponderação	90 < IQA ≤ 100	70 < IQA ≤ 90	50 < IQA ≤ 70	25 < IQA ≤ 50	0 < IQA ≤ 25

Fonte: IGAM, 2014.

Até a nona campanha foram analisados apenas 8 dos 9 parâmetros que compõe o índice, pois não foi realizada a análise do resíduo total nas amostras

coletadas, devido a limitações laboratoriais. Porém, a fim de se verificar a influência desse parâmetro no valor final do índice foram calculados quatro IQAs, considerando a concentração de resíduo total igual a 0 mg/L, 250 mg/L e 500 mg/L, além de estimar o valor desse parâmetro a partir da soma dos SDT medidos com os Sólidos em Suspensão Totais – SST, adquiridos a partir de equações de correlação entre este parâmetro e a turbidez (Tabela 5). A utilização das referidas equações de correlação foi necessária já que, assim como o resíduo total, o parâmetro SST não foi analisado devido a limitações laboratoriais.

Tabela 5 - Equações de correlação entre Turbidez (T) e Sólidos em Suspensão Total (SST).

Referências	Equação	R ²	Intervalo ^b	n ^a	Localização
Piccolo (1999)	$SST = (T - 11)/0,97$	0,80	T < 300 NTU	64	ES
Teixeira (2000)	$SST = 1,0.T + 6,3$	0,98	T < 100 NTU	40	ES
Tomazoni (2005)	$SST = 0,6937.T$	0,98	T < 2500 NTU	>40	PR
Lopes (2009)	$SST = 0,0006.T + 0,0046$	0,92	T < 390 NTU	>70	DF

^a número de dados utilizados para gerar a equação; ^b é o valor de turbidez para cada ponto analisado.

Foi possível obter um panorama da variação do IQA para os valores extremos da curva de resíduo total, o valor mediano e o valor máximo estimado para esse estudo, verificando se a influência desse parâmetro no IQA provocaria mudanças na faixa do índice caso houvesse um erro na estimativa do resíduo total.

Para o cálculo final do IQA, até a nona campanha, foram utilizados os valores estimados de resíduo total a partir da soma da concentração de SDT analisados em campo para cada seção com os resultados dos SST obtidos a partir dos valores de turbidez de cada ponto analisado, através das equações de correlação apresentadas na Tabela 5. Na décima campanha o IQA foi calculado tanto a partir dos resultados de sólidos totais obtidos em laboratório quanto a partir dos resultados estimados de sólidos totais.

2.4 Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE

O ICE foi calculado para todos os pontos estudados, com exceção dos pontos 1 e 6, pois segundo IGAM (2014) é necessário possuir no mínimo quatro resultados de cada parâmetro para o cálculo desse índice e como o ponto 1 foi analisado em apenas três campanhas e o ponto 6 em duas, não foi possível adicioná-los às análises.

Para obtenção do ICE foram considerados os seguintes parâmetros de qualidade da água: OD, DBO_{5,20}, pH, coliformes termotolerantes, turbidez, SDT,

fósforo total e ferro, pois são os parâmetros que possuem limites estabelecidos em legislação dentre os parâmetros analisados.

Os cálculos foram feitos de acordo com o modelo preconizado por CCME (2001) sendo que os valores dos parâmetros de qualidade da água foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 e na DN COPAM/CERH 01/2008. Os resultados foram classificados nas categorias de acordo com as faixas de valores apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Faixas de classificação do ICE.

Categoria	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Ponderação	95<IQA≤100	80<IQA≤95	65<IQA≤80	45<IQA≤65	IQA≤45

Fonte: CCME (2001).

2.5 Análise da variação dos níveis pluviométricos

Com a finalidade de se avaliar o impacto da precipitação nos valores de qualidade da água do RES foi realizado um estudo dos índices pluviométricos para o período de 2013 a 2017. Os dados diários para cada mês estudado foram obtidos a partir do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para a estação meteorológica automática de Juiz de Fora (INMET, 2017). A partir destes valores foram obtidas as médias mensais, as quais foram utilizadas para o cálculo da precipitação total mensal do período em estudo.

Devido ao fato da segunda campanha ter sido realizada no primeiro dia do mês de setembro, foi considerado o valor do índice pluviométrico de agosto no gráfico, já que a influência nos parâmetros de qualidade da água foi causada pela baixa precipitação ocorrida nesse mês.

3 RESULTADOS

3.1 Índice de Qualidade da Água

De acordo com Pereira (2013), a partir da análise da sensibilidade dos parâmetros do IQA, dos nove indicadores representativos da qualidade da água, o que ocasiona menor variação dos valores do índice é o resíduo total, sendo esta de apenas 8,15%. O cálculo de IQA realizado pela autora considerou a concentração de Nitrato no lugar do NT.

Através da comparação dos IQA calculados para os valores de resíduo total iguais a 0 mg/L, 250 mg/L e 500 mg/L, verificamos uma redução do valor de IQA de 1,4% quando se elevou o valor do resíduo total de 0 mg/L para 250 mg/L. Quando ocorre o aumento da concentração de resíduo total de 250 mg/L para 500 mg/L o valor do IQA reduz 5,7%. A maior variação percebida do IQA foi uma redução de 7,0% quando se elevou a concentração de resíduo total de 0 mg/L para 500 mg/L.

Diante da redução de 7,0% no valor do IQA provocada pela variação supracitada foi verificada a ocorrência de mudança de classe para alguns pontos analisados. De maneira a evitar qualquer dúvida sobre os resultados obtidos, foi realizado o cálculo do IQA a partir do valor de resíduo total obtido através da soma dos valores de SDT e SST calculados a partir da fórmula de correlação com a turbidez desenvolvida por Teixeira (2000), Tabela 7.

Tabela 7 - Comparação das equações de correlação entre SST e turbidez.

Referências	R ²	Intervalo de Turbidez (UNT)	SST estimado para T = 8,2 UNT ^a	SST estimado para T = 83,6 UNT ^b
Piccolo (1999)	0,80	T < 300	-4	47
Teixeira (2000)	0,98	T < 100	14	90
Tomazoni (2005)	0,98	T < 2500	6	56
Lopes (2009)	0,92	T < 390 NTU	0	0

^a Turbidez mínima obtida nesse estudo; ^b Turbidez máxima obtida nesse estudo.

A escolha pela equação de Teixeira (2000) se baseou no intervalo de aplicação da mesma, no coeficiente de determinação (R²) e nos resultados de SST obtidos a partir dos valores mínimo (8,2 UNT) e máximo (83,6 UNT) de turbidez encontrados nesse estudo (Tabela 7).

De acordo com os dados de turbidez da água do RES do ano de 2010 que foram cedidos pela Companhia de Saneamento do município de Juiz de Fora – CESAMA, a maior média mensal desse parâmetro foi de 59,68 uT em dezembro, caracterizado por altos índices pluviométricos. Em épocas de chuvas extremas, eventualmente, a turbidez pode chegar a 500 uT (PEREIRA, 2012).

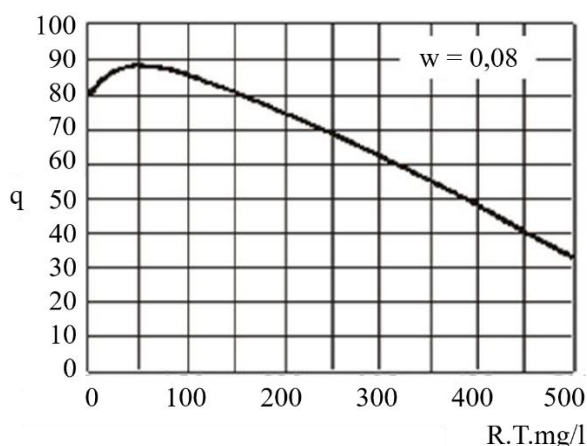
Considerando que os valores de turbidez médio no ano de 2010 chegaram ao máximo de 60 uT e que neste estudo encontraram-se valores de até 84 uT, foram escolhidas equações que possuem faixa de valores próximos a esta. As equações que possuem um intervalo de aplicação mais adequado foram as desenvolvidas por Piccolo (1999) e Teixeira (2000) (Tabela 7).

No que se refere ao coeficiente de determinação e às concentrações de SST obtidos para ambos os valores de turbidez, as equações de Teixeira (2000) e Tomazoni (2005) seriam as melhores opções, por possuírem maior R^2 (0,98) e por gerarem resultados mais razoáveis se comparado as demais (Tabela 7). Porém, ao se considerar os intervalos de aplicação das equações, foi constatado que a equação de Teixeira (2000) se aplica melhor à realidade desse estudo.

Após o cálculo do IQA a partir do valor de resíduo total obtido através da soma dos valores de SDT com os de SST calculados pela fórmula de correlação com a turbidez desenvolvida por Teixeira (2000), foi realizado um estudo comparativo dos resultados obtidos (SST+SDT) com os estimados através da fixação do valor do resíduo total igual a 0 mg/L, 250 mg/L e 500 mg/L.

Houve uma variação máxima igual a +0,33% do IQA no ponto 7 durante a terceira campanha e mínima de -1,27% no ponto 3 na quinta coleta quando ocorre o aumento da concentração de resíduo total de 0 mg/L para 72 mg/L. Esse aumento do valor do IQA ocorre devido a conformação da curva do parâmetro resíduo total, a qual apresenta um aumento de “q” quando o valor de resíduo total varia entre 0 e 150 mg/L (Figura 3). O maior valor de “q” se encontra próximo à 75 mg/L, que corresponde ao pico da curva de resíduo total, por isso, o maior aumento do IQA para esse estudo foi verificado quando a concentração de resíduo total se aproximou desse valor. Apesar da variação no resultado do índice, não ocorreu mudança de classe para os pontos 5 e 7.

Figura 3 - Curva do parâmetro resíduo total para o cálculo do IQA.



Através da comparação entre os valores de IQA obtidos para cada situação analisada foram observadas mudanças de categorias para alguns pontos durante a terceira, quinta e sexta campanhas, quando a concentração de resíduo total variou de 0 mg/L para 500 mg/L e apenas para o ponto 4 na sexta campanha, quando a

concentração desse parâmetro variou de 0 mg/L para 250 mg/L. Não foi verificada nenhuma alteração de classe para uma variação de 0 mg/L para o valor estimado de resíduo total a partir da soma do SDT e do SST calculado. Porém, quando a concentração de resíduo total sofre uma alteração do valor estimado (SDT+SST) para a concentração de 250 mg/L foi observada uma mudança de classe no ponto 4 na sexta campanha. Todavia, como a concentração máxima atingida pela estimativa do resíduo total foi de 169 mg/L (ponto 5, segunda campanha), a probabilidade de que esse parâmetro provoque uma mudança de categoria do IQA é pequena.

Na décima campanha, o cálculo do IQA foi realizado para os pontos 3 e 4 a partir dos valores de sólidos totais obtidos em laboratório (Tabela 8), obtendo como resultado 73 e 67 respectivamente. A título de comparação o IQA foi calculado para ambos os pontos utilizando os resultados de resíduos totais estimados (Tabela 8) e obtiveram-se os valores de 72 e 66 respectivamente. Dessa forma, verifica-se que a diferença entre os resultados finais de IQA foi mínima, indicando que os valores de ST estimados (SDT + SST) tem potencial de utilização nesse estudo. Portanto, este foi utilizado para o cálculo do IQA.

Tabela 8 - Concentrações de sólidos totais obtidas em laboratório e estimadas pela soma das concentrações de SDT com SST.

Método utilizado	ST (mg/L)	
	Ponto 2	Ponto 3
2540.B-APHA (2017)	34	48
SDT + SST	57	58

A partir da análise do IQA obtido para cada ponto (Figura 4) durante as diferentes campanhas observa-se que há uma queda nos valores desse índice ao longo do RES, caracterizando a degradação da qualidade da água do mesmo (Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

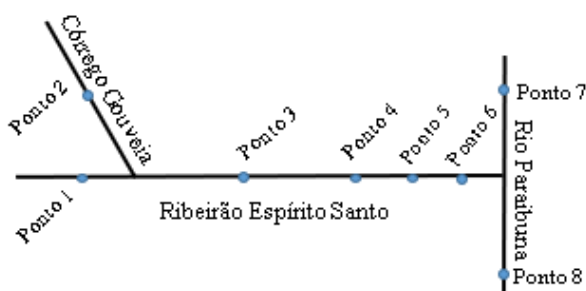


Figura 4 - Diagrama unifilar da região analisada

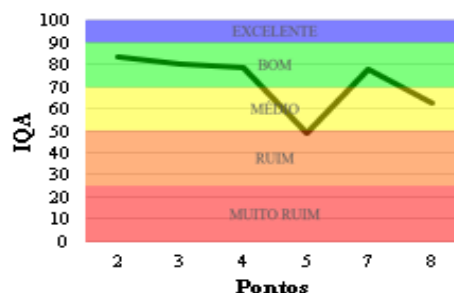


Figura 5 - Variação do IQA ao longo dos pontos analisados durante a 2ª campanha (set/2013).

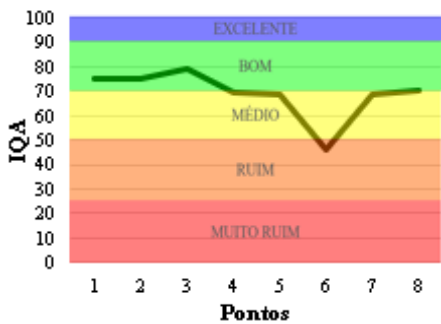


Figura 6 - Variação do IQA ao longo dos pontos analisados durante a 3ª campanha (out/2013).

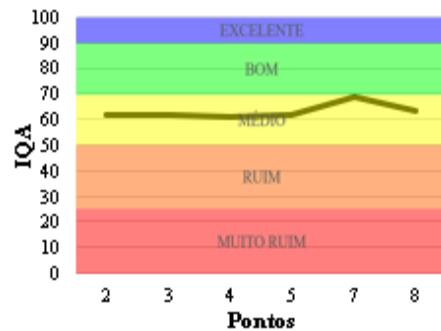


Figura 7 - Variação do IQA ao longo dos pontos analisados durante a 4ª campanha (dez/2013).

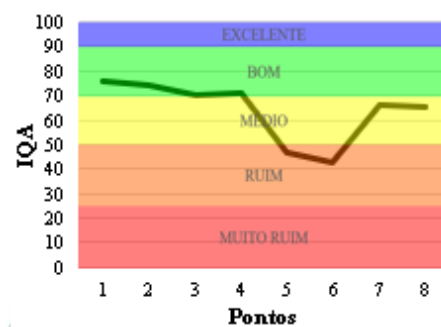
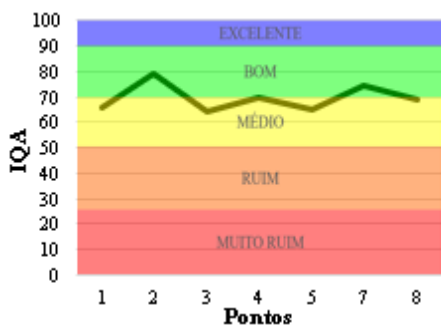


Figura 9 - Variação do IQA ao longo dos pontos analisados durante a 6ª campanha (mar/2014).

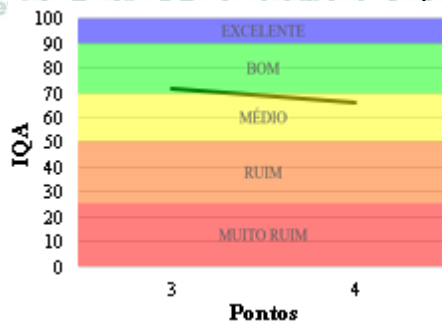


Figura 10 - Variação do IQA ao longo dos pontos analisados durante a 10ª campanha (jul/2017).

Dentre os pontos analisados, os pontos 1, 2 e 3 foram os que apresentaram melhores qualidades (67%, 80% e 67% boa, respectivamente). Os pontos 4, 5 e 6 apresentaram as piores qualidades (67% médio, 40% e 100% ruim, respectivamente) devido principalmente ao aumento dos parâmetros $DBO_{5,20}$, coliformes termotolerantes e redução das concentrações de OD.

O ponto 1 e 2, apesar de estarem localizados em área rural e sofrerem menos os impactos advindos dos lançamentos de efluentes, apresentam redução dos valores de IQA nos períodos chuvosos, devido ao aumento da concentração de $DBO_{5,20}$,

coliformes termotolerantes e turbidez causado pelo carreamento dos poluentes pelas águas da chuva.

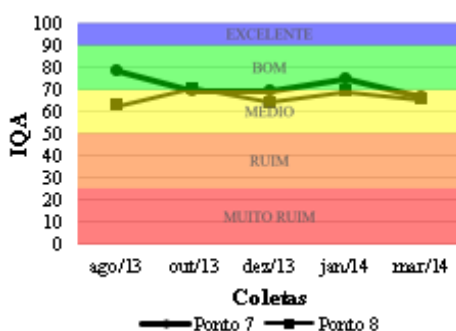
O ponto 3, mesmo ainda estando localizado em área relativamente preservada, recebe o lançamento de efluentes de um aglomerado urbano existente a montante desse ponto, o que pode ser responsável pelo fato de a qualidade das águas desse ponto ter sido classificada como média em 33% das coletas.

O ponto 4, por estar localizado em área densamente urbanizada, recebe contribuições de algumas indústrias e de efluentes sanitários enquanto que os pontos 5 e 6 recebem contribuições da grande maioria das indústrias localizadas no Distrito Industrial. Essas contribuições, provocaram o aumento dos valores dos parâmetros $DBO_{5,20}$, coliformes termotolerantes e redução das concentrações de OD em comparação com os demais pontos. Contribuindo para a redução do IQA, já que esses parâmetros representam 42% do peso para o cálculo do índice.

Na segunda e sexta campanhas o ponto 5 apresenta uma qualidade da água ruim (Figuras 5 e 9), ocorrendo o mesmo para o ponto 6 em todas as campanhas em que este foi analisado (Figuras 6 e 9), o que caracteriza o impacto negativo causado pelo Distrito Industrial ao RES, já que esses pontos estão localizados justamente a jusante dos lançamentos de efluentes industriais.

Em todas as campanhas analisadas foi observado uma redução dos valores de IQA do ponto 7 para o ponto 8, com exceção da terceira coleta ocorrida em outubro de 2013, sendo que na segunda e quinta campanhas essa redução provoca uma mudança da categoria “bom” para a categoria “médio”, caracterizando a influência do RES no rio Paraibuna (Figura 11).

Figura 11 - Variação do IQA ao longo das campanhas nos pontos 7 e 8.

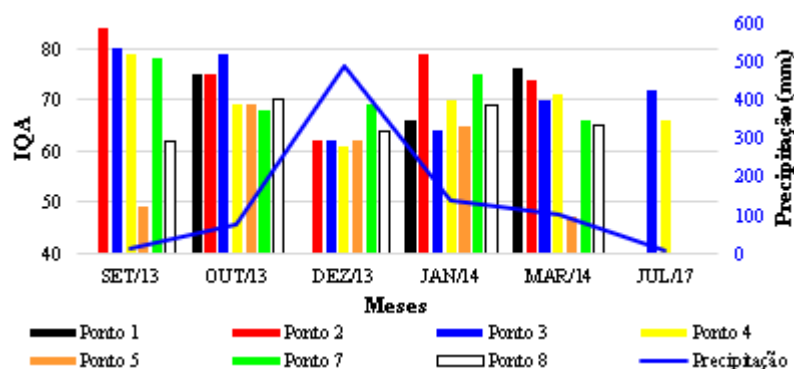


O IQA no ponto 7 foi classificado como bom em 40% das campanhas, sendo que no ponto 8 o IQA foi classificado como médio em 100% das coletas. A redução dos valores do IQA foi influenciada principalmente pelos parâmetros $DBO_{5,20}$,

coliformes termotolerantes e nitrogênio total, devido ao lançamento de efluentes sanitários e industriais no trecho, além do impacto causado pelo RES.

A partir da análise da variação dos pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 8 ao longo das campanhas, percebemos que há uma redução do IQA no mês de dezembro, caracterizado por altos índices pluviométricos e um aumento do IQA em janeiro, segundo mês mais chuvoso dentre os analisados (Figura 12). Isso ocorre devido à poluição difusa provocada pelo carreamento de poluentes pela chuva em um primeiro momento e posteriormente a diluição destes pelo aumento da vazão provocado pelos altos volumes precipitados.

Figura 12 - Variação do IQA com a precipitação ao longo das diferentes campanhas em todos os pontos analisados.



O mesmo pode ser verificado por Amorim *et al.* (2017), que avaliaram a qualidade da água de dois corpos hídricos no estado do Maranhão no período de maio a agosto de 2011, e observaram que os menores índices de qualidade da água em ambos os mananciais monitorados ocorreram em maio, em resposta ao maior índice pluviométrico (375,2 mm).

Segundo INMET (2017) o trimestre mais seco em Juiz de Fora é composto pelos meses de junho, julho e agosto, e o mais chuvoso pelos meses de novembro, dezembro e janeiro, o que foi comprovado neste estudo de acordo com os índices pluviométricos calculados.

Os baixos índices pluviométricos aliados ao grande aporte de matéria orgânica verificado durante a segunda e sexta campanhas no ponto 5 (DBO_{5,20} 124 e 140 mg/l, respectivamente) resultaram na redução de seu IQA. Essa diminuição na quarta seção impactou o rio Paraibuna, já que o valor do IQA no ponto 8 também caiu. Com a redução nos índices pluviométricos de janeiro para março também se observou uma diminuição do IQA para os pontos 2 e 7 (Figura 12).

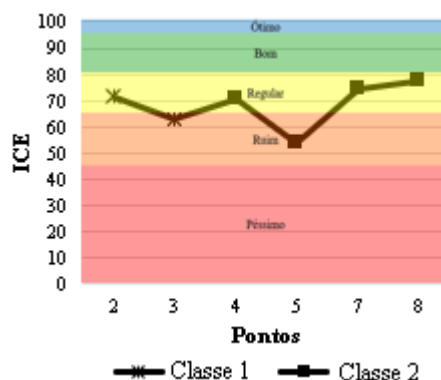
A correlação dos valores de IQA com o volume de chuvas também foi percebida por Pontes (2012), visto que os resultados do índice aumentaram na estação chuvosa em comparação a seca. O IQA variou entre médio e ruim durante o período de escassez de chuvas e entre boa, médio e ruim nos meses caracterizados por altas precipitações (PONTES, 2012).

Em estudo realizado no RES por Pinto (2015) o IQA calculado para o ponto 3 foi de 68 em janeiro de 2014, 6% superior ao calculado neste trabalho na quinta campanha. A metodologia de cálculo utilizada foi diferente da empregada neste estudo além de não terem sido considerados os valores dos parâmetros coliformes termotolerantes e DBO_{5,20}, os quais são o segundo e o quinto indicadores de qualidade da água que exercem maior influência no valor final do índice, respectivamente (PEREIRA, 2013).

3.2 Índice de Conformidade de Enquadramento – ICE

Na Figura 13, todos os pontos analisados não estão em conformidade com as classes de enquadramento propostas para os mesmos, já que se encontram classificados nas categorias de ICE “regular” ou “ruim”.

Figura 13 - Índice de Conformidade ao Enquadramento por ponto de monitoramento no ribeirão Espírito Santo, córrego Gouveia e Rio Paraibuna.



As águas do córrego Gouveia (ponto 2) apresentam uma melhor conformidade ao enquadramento do que as águas do RES no ponto 3, sendo o ponto 2 classificado como “regular” e o ponto 3 enquadrado como “ruim”. Isso ocorre porque o ponto 3 possui abrangência, frequência e amplitude maiores, ou seja, apresenta maior número de parâmetros medidos, assim como valores medidos em desacordo com os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes e uma maior diferença entre os valores obtidos e o limite legal, respectivamente.

No ponto 2, os parâmetros que se apresentaram em desconformidade foram OD, DBO_{5,20} e coliformes termotolerantes. Já no ponto 3, além da DBO_{5,20} e dos coliformes termotolerantes, a turbidez e o fósforo total também ultrapassaram o limite da norma. A atividade agropecuária na região do ponto 3 pode contribuir significativamente para que alguns parâmetros se apresentem em desconformidade com o padrão exigido. Como não foi possível calcular o ICE para o ponto 1 não se pode inferir sobre a influência no RES causada pelo seu afluente.

Houve um aumento do valor do índice entre os pontos 3 e 4, passando da categoria “ruim” para “regular”. Isso se deve ao fato de que no ponto 3 a turbidez apresentou valores que excederam o limite da legislação e no ponto 4 a mesma permaneceu dentro do esperado pela norma. O ponto 4 é enquadrado como classe 2 e o limite para a turbidez é de 100 UNT enquanto para o ponto 3 o limite é de 40 UNT. É importante indicar claramente no ICE (conforme indicado na figura 13) quando ocorre uma mudança de classe no corpo de água para que não fique caracterizado como uma piora ou melhora na qualidade da água, quando na verdade ocorreu uma mudança de classe do corpo hídrico. Ao se analisar os valores encontrado para os pontos 4 e 5, foi observada uma mudança de categoria do ICE de “regular” para “ruim” do primeiro para o segundo ponto mencionado. O ponto 5 é o que possui pior valor de ICE, ou seja, é o que se encontra mais afastado do enquadramento proposto para o mesmo. Isso mostra o impacto causado pelo Distrito Industrial no RES, uma vez que este ponto está localizado a jusante dos lançamentos de efluentes das indústrias do distrito.

Ao se comparar o ICE do ponto 7 com o do ponto 8, verificamos que o último se encontra mais próximo da classe proposta para o mesmo do que o primeiro, apesar do ponto 8 apresentar frequência e amplitude maiores que o ponto 7. O maior valor de ICE observado no ponto 8 pode ser explicado pela influência do fator abrangência, já que o ponto 7 possui 3 parâmetros que ultrapassaram o limite legal e o ponto 8 apresenta apenas 2, sendo o número total de parâmetros analisados o mesmo para ambos os pontos. Amaro (2009) destaca que um dos pontos fracos do ICE é o fato do fator abrangência possuir maior peso no valor final do índice quando existem poucos parâmetros, fornecendo um resultado parcial sobre a qualidade da água.

Isso justifica a melhora do ICE verificada no rio Paraibuna do ponto a montante para o ponto a jusante do encontro das águas do RES com as do rio Paraibuna. Mesmo quando todas as análises realizadas nesse estudo apontam para a

degradação da qualidade da água do rio Paraibuna nesse trecho, (ponto 8 mais degradado do que o 7), causada pela influência do RES, o ICE não conseguiu representar este fato.

4 CONCLUSÃO

O trecho que se apresenta em situação mais crítica em relação à qualidade das águas é o trecho situado próximo ao Distrito Industrial, ponto 4 ao 6.

No que se refere ao IQA, infere-se que há uma redução de seus valores ao longo do RES, caracterizando a degradação da qualidade da água do mesmo. Os pontos que possuem pior qualidade da água são os pontos 5 e 6.

A redução do IQA do ponto 7 para o 8 foi percebida em todas as campanhas analisadas, com exceção da terceira. Contudo, o ICE não conseguiu representar essa realidade.

O IQA variou com o regime de chuva, apresentando uma redução no mês de dezembro, mês mais chuvoso dentre os analisados, e um aumento em janeiro, segundo mês com maior índice pluviométrico. A queda da quantidade precipitada de janeiro para março provocou uma diminuição do IQA para alguns pontos.

Através da análise do ICE concluímos que todos os pontos analisados não estão em conformidade com as classes de enquadramento propostas para os mesmos, já que se encontram classificados nas categorias de ICE “regular” ou “ruim”, sendo o ponto 5, o que possui pior valor de ICE. Verificou-se a necessidade de indicação no gráfico do ICE quando ocorre uma mudança de classe no corpo d’água.

Todas as abordagens realizadas indicam a existência de impacto negativo causado pelo Distrito Industrial ao RES. Assim como também apontaram uma influência negativa do RES no rio Paraibuna, com exceção do ICE.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Quarto Batalhão de Bombeiros Militar – Juiz de Fora e especialmente ao cabo Demetrius pelo auxílio nas coletas e ao LAQUA. À Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa da UFJF - Propp/UFJF pela concessão das bolsas de pesquisa e ao CNPQ pelo auxílio financeiro para realização do projeto.

REFERÊNCIAS

AMARO, C. A.; PORTO, M. F. A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, Campo Grande. Anais... Mato Grosso do Sul: ABRH, 2009.

AMORIM, D. G.; CAVALCANTEZ, P. R. S.; SOARES, L. S.; AMORIM, P. E. C. Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.2, p. 251-259, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n2/1809-4457-esa-s1413-41522016131212.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. 2019. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>> Acesso em: 20/12/2019

APHA (2017) **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23rd Ed.: American Public Health Association, Washington, DC.

CCME, **Canadian Council of Ministers of the Environment**. 2001. Canadian water quality guide lines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. In: Canadian environmental quality guide lines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

BRAZIL. **Resolução CONAMA Nº 357 de 17 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. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF. 2005.

MINAS GERAIS (Estado). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Estadual de Política Ambiental. Minas Gerais, MG. 2008.

MINAS GERAIS (Estado). **Deliberação Normativa COPAM nº 016, de 24 de setembro de 1996**. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 02/10/1996. Conselho Estadual de Política Ambiental. Minas Gerais, MG. 1996.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria** (SCI. CUM IND.) v.4, n. 1, p. 1-14, 2016. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/viewFile/3768/pdf_536>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

IGAM, **Instituto Mineiro de Gestão das Águas**. Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 68p., 2014.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**. Estações Automáticas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 28 de dezembro de 2017.

LEÃO, R. S.; DA PAZ, M. G. A.; CABIM, J. C. A outraface da crise: a importância do setor do saneamento no contexto da escassez hídrica. **Revista Acesso Livre**. v.5, p.88-105, 2016. Disponível em: <<https://revistaacessolivre.files.wordpress.com/2016/07/revista-acesso-livre-nc2ba-5-janeiro-junho-de-20161.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

LOPES, G. R.; TAVORA, B. E.; DOS SANTOS, R. M.; KOIDE, S. **Estudo sobre correlação entre turbidez e sólidos em suspensão para estimativa da vazão sólida em uma pequena bacia**. In:

XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, Campo Grande. Anais... Mato Grosso do Sul: ABRH, 2009.

LOUZADA, V. M.; SANTOS, J. M. B.; PEREIRA, R. O.; PEREIRA, L. O. **Diagnóstico do Potencial Poluidor das Indústrias Instaladas na cidade de Juiz De Fora.** In: XII SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2014. Fortaleza. Anais... Ceará: ABES, 2009.

PEIXOTO, F. S.; STUDART T, M. C.; CAMPOS, J. N. B. Gestão das águas urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes. **Revista REGA**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 160-174, jul./dez. 2016. Disponível em : <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/162/11066d988aed2f7ce8ed97af28e66a6f_e408175365b37727679cb52c6f7533f7.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

PEREIRA T. M., GOMES M. H. R. E PEREIRA R. O. **Estimativa final da produção de lodo em estações de tratamento de água: estudo de caso.** In: XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2012. João Pessoa. Anais... Paraíba: ABRH, 2012.

PEREIRA, R. F.; FEITOSA, A. V.; NUNES, A. I. V.; CASTRO, M. A. H.; PAULINO, W. D. **Análise de sensibilidade dos parâmetros do índice de qualidade de água (IQA).** In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Bento Gonçalves. Anais... Rio Grande do Sul: ABRH, 2013.

PICCOLO, M. A. M.; PINTO, C. A.; TEIXEIRA, E. C. **Correlação entre sólidos em suspensão, cor e turbidez para água captada no rio Jucu – ES.** In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/ii-053.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

PINTO, V. G.; LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; MACHADO, P. J. O. Diagnóstico físico-ambiental como subsídio a identificação de áreas vulneráveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Revista Ambiente e Água**, vol. 9, n. 4, Taubaté, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n4/v9n4a07.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. v. 2, n. 3, p. 435-456. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v12n3/1980-993X-ambiagua-12-03-00435.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n3/v7n3a15.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

BRAZIL. **PORTARIA MINTER N. 86, de 4 de junho de 1981.** Enquadra os cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Ministro do Interior. Brasília, DF. 1981.

REIS, D. A.; SANTIAGO, A. F.; NASCIMENTO, L. P.; OLIVEIRA, E. G.; MARQUES, L. S.; ROESER, H. M. P. Influência dos fatores ambientais e antrópicos nas águas superficiais no rio Matipó, afluente do rio Doce. **Revista REGA**, Porto Alegre, v. 14, e2, 2017. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/198/ff60c8837c30bd986904f4be4a5b6e89_5555e92f7d9e399b94b50777e871191c.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

SANTOS, J. M. B.; SILVA, I. R.; TOLEDO, L. Q. L. L.; PEREIRA, R. O.; GOMES, M. H. R. **Avaliação da qualidade e da quantidade de água no ribeirão espírito santo.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2015.

SILVA, G. L.; AURELIANO, J. T.; LUCENA, S. V. O. Proposição de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público. **Revista REGA**, Porto Alegre, v. 9, n 1, p. 17-24, 2012. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/79/331e4cbc56baf4d2af833a342d58cee5_c610687167375878c127dcec b49b5bc2.pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2018.

VON SPERLING, M. 2014. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4ª ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG. Ed. UFMG, 2014. 452p.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V.; ROSA FILHO, E. F. Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios anta gorda, brinco, coxilha rica e jirau – sudoeste do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 57, p. 49-56, 2005. Editora UFPR. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/6044/7153>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 22, n. 1, p. 13-24. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n1/1809-4457-esa-S1413_41522016131457.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

TUCCI, C. E. M. E.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. **Revista REGA**, Porto Alegre, v. 14, e12, 2017. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/198/802534ee73e9bcb48c662546a9f2f9e3_fbb8585ef27dacdc1075b1e435cb19e3.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

