

IV-923 - O USO DA FERRAMENTA DE IQA E A ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO COMO SUBSÍDIO NA GESTÃO E NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITABIRITO NO ALTO CURSO RIO DAS VELHAS.

Raphael Ricardo da Silva ⁽¹⁾

Licenciado em Química pela Universidade de Osasco, Licenciado em Geografia Pela Universidade de Uberaba, Especialista em Engenharia Ambiental pelo Candido Mendes, Especialista em Química pela Universidade Federal de Lavras e Mestre em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto. Professor no Centro de Ensino Técnico São Carlos, Conselheiro do CODEMA, Gestor e Responsável Técnico pelas Operações dos Sistemas de Tratamento de Esgoto do município de Itabirito-MG.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Rio Branco, 99 - Centro - Itabirito - MG - CEP: 35.450-031 - Brasil - Tel: +55 (31) 98784-4333 - e-mail: raphael.silva@saeita.mg.gov.br.

RESUMO

Contido na rede hidrográfica do alto curso rio das Velhas na região central do estado de Minas Gerais, o rio Itabirito está localizado no município de Itabirito. Sua bacia hidrográfica possui relevante aspecto socioeconômico e ambiental uma vez que a confluência de suas águas com as águas do rio das Velhas são responsáveis por abastecer 70% da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

A proposta dessa pesquisa é mostrar levantamento histórico da qualidade da água e índice de pluviosidade. A partir disso, determinar as vazões fluviométricas no rio Itabirito e em seus principais tributários e calcular o coeficiente de desoxigenação (k_1) para o rio Itabirito em duas campanhas de qualidade da água no ano de 2019 considerando período seco e chuvoso.

No levantamento histórico de qualidade as variáveis que mais influenciaram para a depleção do Índice de Qualidade da Água foi E. coli e turbidez tanto em períodos chuvosos quanto nos períodos secos. O coeficiente de desoxigenação (k_1) representa a taxa de degradação da matéria orgânica e os resultados da pesquisa variaram entre 0,003 a 0,743 d-1 no período chuvoso e 0,003 a 0,234 d-1 no período seco. Valores típicos de k_1 em condições de laboratório base 20 C° para águas de rio são de 0,08 a 0,020. Logo, os resultados da pesquisa se mostraram superiores aos valores estimados na bibliográfica clássica.

Dessa forma, os resultados dessa pesquisa fornecem subsídios para futuras simulações da qualidade da água na bacia do rio Itabirito, pode propor cenários e contribuem com informações que podem subsidiar revisões nas políticas públicas de gestão das águas do município e no investimento em novas tecnologias para o Serviço de Saneamento Básico.

PALAVRAS-CHAVE: Rio Itabirito, Oxigênio dissolvido, DBO, Coeficiente de desoxigenação, IQA.

1. INTRODUÇÃO

A água está entre os recursos naturais fundamentais, é a que possui maior destaque, pois sua disponibilidade é necessária a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção. É sabido ainda, que o uso da água pelo ser humano para qualquer finalidade resulta na deterioração da sua qualidade, limitando geralmente seu potencial de uso. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), as causas de abastecimento inadequado de água, incluem o uso ineficiente e a degradação da água pela poluição. Para isso, são necessárias ações corretivas que busca alcançar uma melhor gestão dos escassos recursos de água potável com foco particular na oferta e na demanda, quantidade e qualidade (ONU 2016).

O rio Itabirito é uma importante rede hidrográfica da primeira unidade estratégica territorial do alto curso rio das Velhas. Esse rio apresenta suas primeiras nascentes na porção noroeste da bacia e suas cabeceiras estão localizadas na vertente oeste da Serra da Moeda e situam-se em altitudes de 1.460 m a 1.520 m. (HIDROAMBIENTAL CBHVELHAS et al. 2013).

As principais atividades geoeconômicas desenvolvidas na bacia são as atividades de mineração de ferro, agrosilvopastoris, extração de areia, atividades siderúrgicas, laticínios e indústrias têxteis. Além disso, há forte movimento no comércio instalado no centro da sede urbana do município de Itabirito.

A zona urbana corresponde a 5,82% da bacia, se restringindo apenas ao município de Itabirito, alguns de seus distritos e loteamentos, especialmente próximos a zona limitrófica com o município de Nova Lima. As áreas de atividades minerárias perfazem 5,44%, áreas destinadas às atividades agropecuárias representam 19,72% da bacia, 0,06% é utilizada para o reflorestamento de eucalipto, enquanto o restante, 0,15%, corresponde às massas de água (MYSSIOR 2013). Os estudos de Myssior (2013) evidenciou que a bacia hidrográfica do rio Itabirito possui fisionomias naturais em 68,81% de sua área de 541,58 km², sendo 34,56% formações campestres e 34,25% fragmentos florestais, mesmo tendo diferentes graus de perturbação antrópica.

De acordo com Veloso et.al (1991) a bacia do rio Itabirito está totalmente inserida no domínio de Mata Atlântica, no entanto, é comum identificar fitofisionomia característico do Cerrado como Campos Rupestre e Campos de Altitude. Essa transição de bioma é considerada por Ab'Sáber (2012) como zona Coren ou região de Ecotono.

A fitogeografia da bacia do rio Itabirito é marcada de Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO et. al 1991), porém, devido à influência de fatores geológicos e morfológicos, é comum encontrar outras tipologias ecossistêmicas como Campos Cerrados nas áreas de média vertente, Campos Rupestres e Campos Ferruginosos sobre os afloramentos rochosos.

De acordo com Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no Brasil somente 46% dos esgotos é tratado já na região sudeste 67,3% são coletados e destes, apenas, 50,4% são tratados e posteriormente lançados nos recursos hídricos (SNIS 2017). O cenário para o município de Itabirito é o tratamento a nível secundário de aproximadamente 85% do volume coletado (SNIS 2017) ocupando a 4ª posição na microrregião (IBGE 2019).

Diante do exposto, aproximadamente 15% dos esgotos domésticos gerados na sede urbana ainda são lançados *in natura* no rio Itabirito e mesmo com tantos esforços da Autarquia de Saneamento Básico do município, os esgotos gerados na zona rural não possuem formas adequadas de tratamentos, contendo no máximo fossas negras por parte dos sítiantes. Além de possivelmente haver contribuições por lançamentos clandestinos de outros tipos de efluentes que mesmo sendo de origem industrial, podem conter esgotos sanitários ou de características de esgotos domésticos, como de abatedouros de suínos, bovinos e de laticínios.

Logo, a investigação da qualidade da água pode subsidiar estudos para aplicação de sistema de tratamento ou ampliação da tecnologia de saneamento já existente no município, além, de fomentar a elaboração de políticas públicas para a preservação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Itabirito.

Para isso os Índices de Qualidade das Águas - IQA's, vêm sendo utilizados em programas de monitoramento por possuírem a capacidade de transmitir de forma concisa e objetiva para autoridades e para o público a influência que as ações antrópicas provocam sobre a qualidade dos ecossistemas aquáticos (IGAM 2016).

1.1. ÍNDICE DE QUALIDADE ÁGUA

No Brasil, o IQA foi utilizado a partir de uma adaptação feita pela CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo de um estudo realizado em 1970 nos Estados Unidos pela NFS - National Sanitation Foundation (SOUZA 2018).

A Tabela 1 mostra os parâmetros e os pesos atribuídos a cada variável que compõe o IQA conforme critérios da CESTEB e a Equação 1 demonstra como é feito o cálculo do índice de qualidade.

Tabela 1: Parâmetros do IQA e os pesos associados de acordo com a CETESB.

Parâmetros de qualidade da água CETESB	Peso(w)
Oxigênio dissolvido (OD mg/L)	0,17
Coliformes Termotolerantes (100 ml/NMP)	0,15
Potencial Hidrogeniônico – pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO _{5,20°C}	0,12
Temperatura da água (°C)	0,10
Nitrogênio Total (mg/L NO ₃ ⁻)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,10

Fonte: CETESB 2019

O IQA é obtido pelo produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a Equação 1:

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

Equação (1)

Onde:

- IQA = Índice de qualidade de Água, variando de 0 a 100;
- q_i = Qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;
- w_i = Peso atribuído ao parâmetro, em função da importância na qualidade, entre 0 e 1;
- n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 2.

Tabela 2: Faixas do IQA de acordo com os estados.

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS.	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP.	Avaliação da Qualidade da Água
91 – 100	80 – 100	Ótima
71 – 90	52 – 79	Boa
51 – 70	37 – 51	Razoável
26 -50	20 – 36	Ruim
0 – 25	0 – 19	Péssima

Fonte: ANA 2019

1.2. ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM MINAS GERAIS

Em Minas Gerais, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é realizado pelo IGAM por meio do Projeto Águas de Minas. O programa que está em execução desde 1997 disponibiliza no Portal InfoHidro (ANA) uma série histórica da qualidade da água e atualmente conta com 588 estações de monitoramento distribuídas no estado (IGAM 2016). O IGAM trimestralmente publica um relatório de qualidade das águas superficiais de Minas Gerais.

A partir do ano de 2003 o Instituto Mineiro de Gestão das Águas mesclou pesos e parâmetros dos IQA's da National Sanitation Foundation (NSF) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) onde predominou os parâmetros da NSF com os pesos atribuídos pela CETESB. Nesse contexto no ano de 2013 o

IGAM substituiu o uso da bactéria E. Coli pelos coliformes termotolerantes com intuito de estabelecer um índice mais próximo das características dos rios brasileiros (IGAM 2019).

1.3. COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO (K1)

Quanto maior a concentração de DBO, mais rapidamente se processará a desoxigenação do corpo d'água (VON, SPERLIN 2014). A taxa de oxidação da matéria orgânica é proporcional à concentração de matéria orgânica ainda remanescente em um tempo "t" qualquer conforme demonstrado na Equação 2.

$$L=L_0 \times e^{-k_1 \times t} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

- L – Concentração de DBO remanescente no tempo t [mg/L];
- L₀ – Concentração de DBO no tempo t inicial [mg/L];
- t – Tempo [dia];
- k₁ – Coeficiente de desoxigenação [dia⁻¹].

O coeficiente de desoxigenação representa a taxa de degradação da matéria orgânica na água ao longo do tempo se relacionando com as características da matéria orgânica, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras. Alguns processos estatísticos e matemáticos que são utilizados na determinação de k₁ são listados abaixo. Os cálculos são possíveis a partir de resultados obtidos em laboratório por meio de amostras de água bruta analisadas. Os dados de entrada para estes métodos são os valores de DBO exercida há vários dias. A Tabela 3 apresenta os valores típicos de k₁.

Tabela 3: Valores típicos de coeficiente de desoxigenação (K₁) (base e, 20°C).

Origem	K ₁ (dia ⁻¹)
Esgoto bruto concentrado	0,35 – 0,45
Esgoto bruto pouco concentrado	0,30 – 0,40
Efluente primário	0,30 – 0,40
Efluente secundário	0,12 – 0,24
Curso d'água com águas limpas	0,08 – 0,20

Fonte: Von Sperling 2007

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA NA BACIA

Os pontos de amostragem foram determinados levando em consideração a composição geoeconômica da bacia e suas relevâncias socioambientais. Com o uso do programa Google Earth e a ferramenta QGis versão 3.4.11

foi possível delimitar a bacia e através do produto cartográfico os pontos foram determinados conforme Figura 1 abaixo.

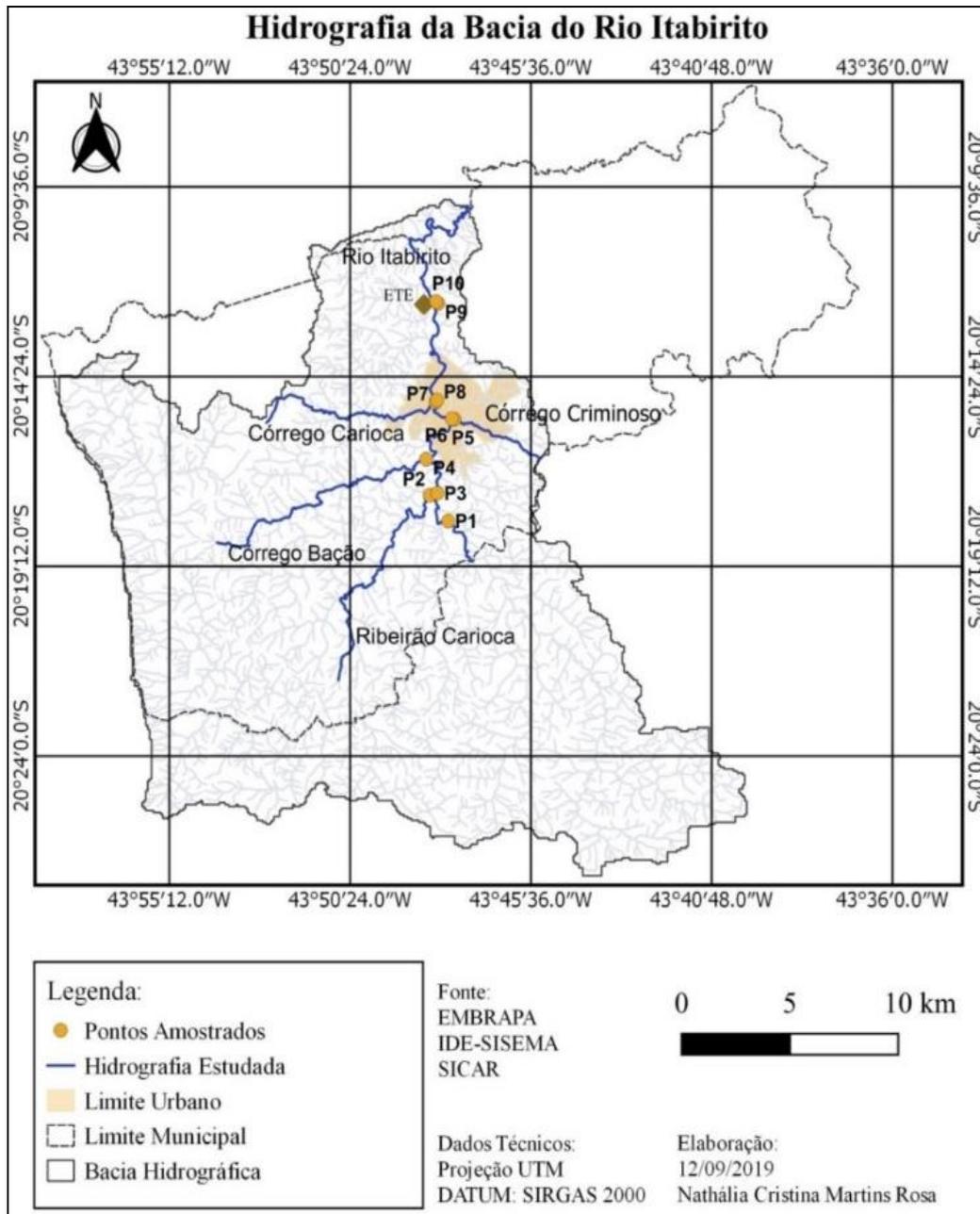


Figura 1: Delimitação da bacia e determinação dos pontos de coletas

Fonte: Rosa 2019.

Em seguida foi realizado o georreferenciamento seguido da organização da cadeia de custódia, isto é, ficha de coleta de campo.

2.2. AMOSTRAGENS

Em 2019 foram realizadas duas campanhas de amostragem para investigar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Itabirito. Foram consideradas as estações chuvosas e seca. A primeira coleta feita em 22/01/2019 na qual se buscou avaliar a qualidade no período chuvoso e na estação seca a coleta foi realizada 21/08/2019. O Índice de Qualidade das Águas foi determinado conforme metodologia de cálculo da ANA.

As amostragens no rio foram embasadas na Norma Brasileira (NBR) 9898/1987 estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) que trata sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes e corpos receptores.

2.3 ANÁLISE DE AMOSTRAGEM EM CAMPO

As análises de potencial de hidrogênio, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura foram realizadas *in loco* para não dar variação nos parâmetros. Para a determinação dos valores de OD, foi utilizado Sonda HACH 40 D HQ eletrodo LDO101, para determinação dos valores de pH Sonda HACH 40 D HQ eletrodo Intellical PHC101. A determinação da turbidez se deu através do Turbidímetro digital portátil da HACH modelo 2100Q.

2.4 ANÁLISE EM LABORATÓRIO

A Tabela 4 mostra os métodos utilizados para cada análise de água bruta realizada no laboratório interno da Autarquia municipal de Saneamento Básico.

Tabela 4: Métodos padronizados adotados para as análises das amostras em laboratório.

Parâmetro	Unidade	Método/Referência utilizado	Descrição do Equipamento
DBO	mg/L	Hach Diluição sem semente	-
DQO	mg/L	Hach 8000 /USEPA	Espectrofotômetro dr 6000™ uv-vis - Hach/Reator DRB 200 Hach
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	10071- Hach	Espectrofotômetro dr 6000™ uv-vis – Hach
Fósforo Total	mg/L	10127- Hach	Espectrofotômetro dr 6000™ uv-vis - Hach/Reator DRB 200 Hach
Coliformes Totais/ E. Coli	mg/L	Colilert 9223 B (APHA, 2012)	-

Fonte: Autor 2020.

2.5 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO FLUVIAL

A vazão fluviométrica foi determinada conforme Equação 3, isto é, por meio de medição indireta, onde a vazão é estimada levando em conta alguns parâmetros como largura do leito fluvial, altura média e seção do fluxo hidráulico.

$$V = \frac{d}{t}$$

Equação (3)

Onde:

- V= Velocidade (m/s);
- d= Distância (metros);
- t= Tempo (segundos)

O método indireto, que se baseia na equação de continuidade dos escoamentos líquidos, consiste na média da velocidade média (m/s), na profundidade média (m) e na largura (m) da seção transversal do rio. A partir dos dados de largura, profundidade média do canal e velocidade a vazão foi calculada conforme Equação 4.

$$Q=A \times V \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

- Q – vazão (m³ /s);
- A – área da seção transversal (m²);
- v – velocidade média do escoamento (m/s).

A área da seção transversal foi obtida a partir da Equação 5.

$$A=L \times H \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

- A – área da seção transversal (m²);
- L – Largura da seção (m);
- H – Altura média da lâmina d'água na seção (m).

Para o coeficiente de rugosidade, utilizaram-se as faixas de valores obtidas por THOMANN E MULLER (1987) e EPA (1987) *apud* VON SPERLING, (2007), para cursos d'água naturais, levando em consideração as características do rio (n = 0,0975).

2.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA).

Os dados utilizados para o cálculo do IQA da série histórica foram extraídos da estação BV035, do site do IGAM. Essa Estação está localizada a jusante do município de Itabirito no alto da bacia do rio das Velhas. Os dados coletados contemplaram o período de 1998 a 2018 que foram lançados na planilha de cálculo, utilizada pelo órgão no Projeto Águas de Minas. Do mesmo modo foi para os resultados obtidos no ano de 2019 por meio das campanhas realizadas durante a pesquisa.

A planilha consiste num arquivo do tipo. “xls”, o programa realiza o cálculo do IQA com base nos pesos e correções que o próprio órgão estabelece a cada uma das 9 variáveis que são adotadas de acordo com a importância para a qualidade da água.

O valor final obtido é associado a uma classe de qualidade, “Excelente”, “Boa”, “Razoável”, “Ruim” ou “Péssima”. Para essa pesquisa, o software utilizado para o cálculo do Índice de Qualidade da Água foi o Excel da Microsoft® Office 2016.

2.7 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO (K₁)

Os resultados da pesquisa foram tratados por meio do software Microsoft Excel 2016, que produziu as curvas de decaimento de Demanda Bioquímica de Oxigênio exercida em relação ao tempo de incubação. O coeficiente k₁ foi calculado pela Equação 2 e pelo método do ajuste não linear por mínimos quadrados, através da ferramenta Solver do Excel, considerando tempo em dia, DBO observada em cada dia de medição (mg/L-1) e a DBO calculada (mg/L-1) conforme VON SPERLING (2007).

3. SÉRIE HISTÓRICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO ITABIRITO ENTRE 1998 A 2018.

Em um período de 20 anos a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Itabirito oscilou entre ruim e boa com valores de IQA que variaram entre 33,1 a 90,7 conforme evidenciado na figura 2.

De 1998 a 2001 a qualidade da água na bacia variou entre ruim e razoável com IQA entre 54,2 no 2º trimestre de 1999 e 36,2 no 1º trimestre de 2000. Entretanto, na maior parte desse período a qualidade foi ruim.

No 4º trimestre do ano de 2003 houve melhoria na qualidade da água com IQA de 87,6, já no ano seguinte ocorreu oscilação entre ruim, razoável e bom entre os períodos trimestrais sendo 39,2, 60,3 e 60,3 para primeiro, segundo e terceiro trimestre respectivamente.

O ano de 2006 se manteve bom durante todas as campanhas de monitoramento do IGAM com IQA de 90,7. Entretanto, no ano de 2007 houve novamente redução na qualidade da água em 44,4% onde o IQA ficou de 40,9 a 53,3 e em 2008 de 33,1 a 52,4.

No período de 2010 a 2017 o IQA médio foi ruim de 46,2 que variou com razoável de 51,5 e 51,0 para o terceiro e quarto trimestre de 2012 respectivamente. Nesse período a qualidade se manteve razoável até o quarto trimestre de 2016 piorando em 2017 em 61% com IQA médio de 35,7.

O último ano da série histórica da qualidade da água da bacia, 2018, se mantém razoável com IQA de 54,3 que representa 64,8% de melhoria na qualidade em relação ao ano antecessor.

O quarto trimestre de 2009 choveu mais que em todos os outros primeiros e quartos trimestres em vinte anos, nesse período o IQA foi razoável 57,0. O terceiro trimestre de 2006 registrou índice de pluviosidade menor que o quarto trimestre do ano de 2009, e o IQA para esse período em 2006 foi bom 90,7.

Em 2013 o índice pluviométrico foi o quinto maior da série histórica. Nesse período o IQA apresentou-se ruim em 48,3. Nota-se que para o período dos quartos trimestres, o IQA teve tendência em ficar ruim \leq a 49,0. No ano de 2008 nesse mesmo período o índice pluviométrico teve a segunda maior incidência e um IQA ruim de 33,1. Do mesmo modo o quarto trimestre de 2013 apresentou a quinta maior incidência de pluviosidade para esse período e IQA ruim de 48,3.

Analisando a série histórica dos IQA \geq 80,0 foram apresentados na maioria das vezes em períodos de menor incidência pluviométrica. No ano de 2004 o terceiro trimestre foi o segundo período com menor incidência pluviométrica e IQA bom de 87,6. Desse mesmo modo no ano de 2006 esse período apresentou o terceiro menor índice de incidência pluviométrica e IQA bom de 90,7.

A redução do escoamento superficial, em função das precipitações, e por consequência menor carreamento de poluentes nos cursos d'água, pode contribuir para a melhora no resultado do IQA. Entretanto, não há determinação de que a estação chuvosa está intrinsecamente relacionada com valores de IQA baixos, e o período seco com melhores resultados de qualidade de água, já que, algumas bacias hidrográficas tem capacidade de diluição significativa em detrimento à contribuição dos tributários.

Saad et al. (2007), relacionou o decréscimo do IQA do reservatório Tanque Grande-SP com os maiores índices pluviométricos. O trabalho consistiu em analisar série histórica de 16 anos do reservatório onde considerou que em períodos chuvosos houve queda no índice de qualidade da água em consequência do aumento das concentrações de coliformes termotolerantes. De acordo com os autores a interferência pode ter se dado devido às atividades de recreação humana e criação de gado.

Autores como DAMASCENO et. al (2015) identificaram melhores resultados de IQA na estação chuvosa. Os autores sintetizaram os resultados de IQA onde indicaram que a água do rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, no período menos chuvoso e chuvoso foi classificada, como "boa" e "ótima". Os autores fizeram uma relação com o aumento da turbidez e valores mais altos de coliformes termotolerantes na estação menos chuvosa. Os resultados apontaram que no período de menor vazão do rio, os valores para essas variáveis foram maiores do que em relação à estação chuvosa. De acordo com os autores, neste período, a baixa taxa de

precipitação, diminui a vazão e favorece maior concentração de efluentes no manancial, o que pode contribuir para elevar os valores dos coliformes totais e turbidez.

No caso da bacia do rio Itabirito o SAAE iniciou interceptação de esgoto na sede urbana por volta do ano de 2006 como parte do projeto de instalação da estação de tratamento de esgoto da zona urbana do município. É sabido que as interceptações de esgoto podem contribuir para a melhoria da qualidade de água da bacia. Portanto, é possível relacionar a melhoria do IQA com as interceptações dos esgotos independentes do índice de pluviosidade.

Carvalho et. al (2016) detectou na bacia hidrográfica do Ribeirão São José em Porto Nacional no estado de Tocantins, valores baixos de IQA em vários pontos da bacia. Os autores relacionaram os baixos índices à descarga doméstica, atividades agrícolas e drenagem da bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica do Ribeirão São José está localizada na região metropolitana de Palmas com uma população de aproximadamente 49.146. Possui características geográficas e interferências antrópicas semelhantes à bacia hidrográfica do rio Itabirito. Os autores atribuem os valores baixos de IQA ao uso e ocupação do solo, uma vez que determinados pontos amostrais localizados na zona rural apresentaram valores melhores do índice.

Estudos similares dos autores LOPES & MAGALHÃES (2008), ESTEVES & MENEZES (2011), RUBIO-ARIAS (2013), DRUMOND (2016) e ABED et.al (2017), relacionam as variações nos valores do índice de qualidade de água com as contribuições de despejos de efluentes industriais, domésticos e a drenagem da bacia. Característica semelhante ao da bacia hidrográfica do rio Itabirito que teve seu IQA variado por causa do escoamento da bacia além de sofrer interferências por despejos de efluentes industriais, esgotos domésticos in natura e atividades de agropecuária.

Os valores de E. coli e de turbidez foram as variáveis que mais contribuíram para o IQA ruim. Esses valores foram observados na estação chuvosa da bacia no primeiro e no segundo trimestre de 1998 onde a precipitação para esses períodos foram 60,5 mm e 1 mm. No primeiro trimestre de 1999 e quarto trimestre de 2008 com precipitação 306,9 mm e 574,3 mm respectivamente. Mesmo não havendo incidência pluviométrica para o segundo trimestre de 1998, as variáveis de coliformes termotolerantes e turbidez permaneceram ruins. Isso porque na baixa pluviosidade os despejos tendem a ficar concentrados na bacia podendo elevar o grau de turbidez e a concentração de patógenos.

Os IQA's mais elevados foram observados tanto em períodos secos quanto no chuvoso. Na sazonalidade seca, isto é, terceiro trimestre de 2006 e terceiro trimestre de 2004 o IQA foi de 90,7 com precipitação de 83,7 mm e IQA 87,6 não havendo registro de precipitação para o terceiro trimestre de 2004. Na sazonalidade chuvosa observada no primeiro trimestre 2006 e no quarto trimestre de 2003 o IQA foi 84,4 com precipitação de 246,4 mm e IQA 88,6 com precipitação de 317 mm respectivamente.

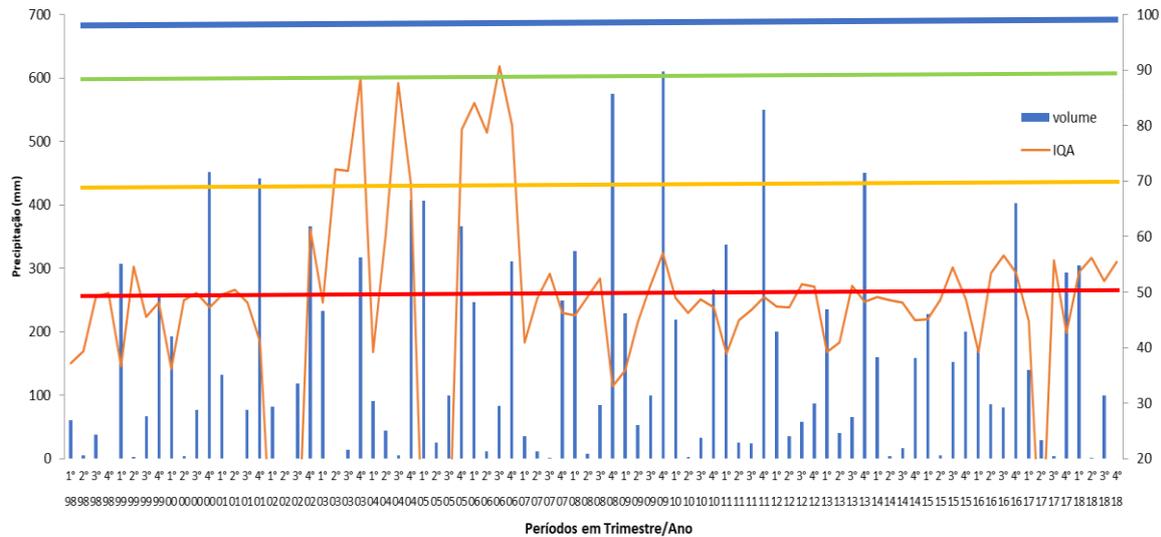


Figura 2: Série histórica de pluviosidade e IQA (1998 a 2018) da bacia hidrográfica do rio Itabirito.

Legenda:

— IQA Ruim (26 a 50) — IQA Razoável (51 a 70) — IQA Bom (71 a 90) — IQA Excelente (91 a 100)

Fonte: IGAM * Não houve cálculo de IQA no 1º, 2º/02 e 1º, 2º, 3º/2005 devido à ausência de dados.

3.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA COM DADOS PRIMÁRIOS – MONITORAMENTO 2019.

Os resultados das campanhas de monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Itabirito variaram entre ruim e razoável, com IQA's oscilando entre 49,5 a 71,0 para a estação chuvosa e 19,0 a 60,5 para a estação seca conforme Figura 3.

As duas campanhas contemplaram os mesmos dez pontos amostrais ao longo da bacia, levando em conta os principais tributários e suas confluências com o rio Itabirito. O tributário que apresentou pior qualidade na água foi o córrego Criminoso com IQA de 19,0 na estação seca. O que pode ter contribuído para a degradação da qualidade da água do rio Itabirito em 57,8 %.

O IQA do rio Itabirito a montante da confluência (P5) com o córrego Criminoso (P6) foi de 56,6 e a jusante da confluência desse tributário foi 32,6. O baixo IQA observado no córrego Criminoso no período de estiagem pode estar relacionado com a elevada concentração de E. coli $14,19 \times 10^3$ NMP/100mL, baixa concentração de oxigênio dissolvido 3 mg/L-1, alta Demanda bioquímica de oxigênio 124 mg/L e elevada fração de Nitrogênio total 24 mg/L-1.

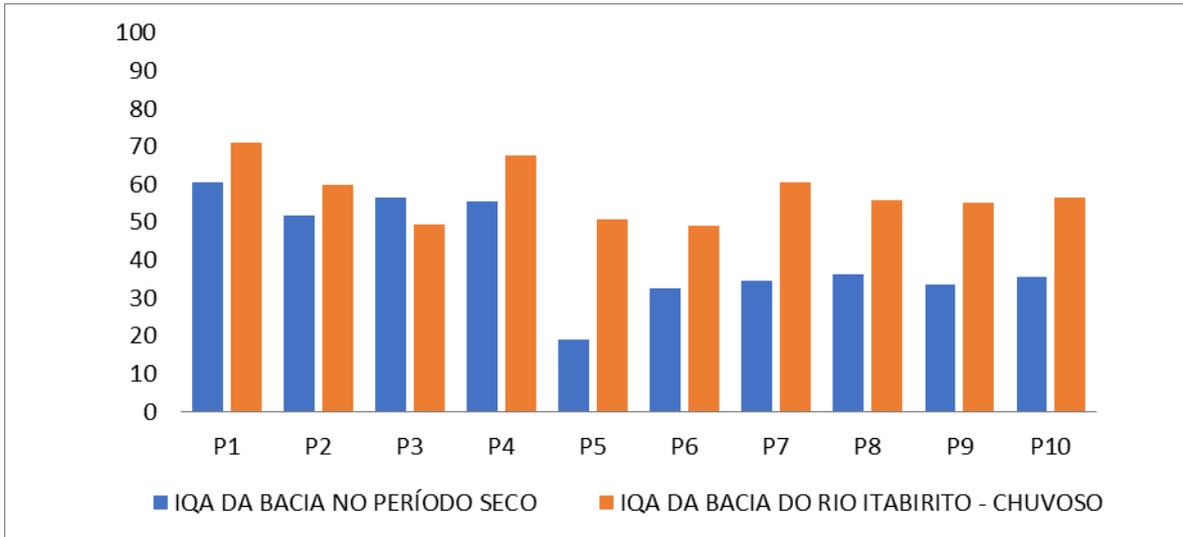


Figura 3: Valores de IQA nos pontos amostrais da bacia hidrográfica do rio Itabirito no período chuvoso e seco.
 Fonte: Autor 2020

Miranda (2017) detectou valores de 6,7 a 9,1 mg/L de nitrogênio total na sazonalidade seca, durante campanhas de avaliação da qualidade da água, na bacia hidrográfica do rio Distrito Jordão-SC de acordo com o autor as principais causas dos valores de nitrogênio, estão ligadas aos despejos de esgotos sanitários sem tratamento no rio. Observa que Miranda encontrou valores de nitrogênio mais baixo que os valores determinados no córrego Criminoso isso pode estar relacionado com a caracterização das bacias.

A sub-bacia do córrego Criminoso recebe carga poluidora de efluente de atividade têxtil, além, de diversos despejos oriundos de lava jatos, funilarias, postos de combustíveis, oficinas mecânicas, laticínios e efluentes domésticos in natura. Nesse contexto a bacia hidrográfica do rio Distrito Jordão-SC difere da bacia do córrego Criminoso por não receber contribuição de efluentes têxtil. Estima-se que diariamente o córrego Criminoso recebe carga de 20 kg/dia DBO mgO₂/L-1 (SAAE, 2020) oriundo de despejos sanitários de domicílios não coletados pelo Serviço Autônomo de Saneamento Básico do município. Abaixo podem ser analisados os parâmetros mais influenciadores nos resultados de IQA para o ano de 2019 conforme Figura 4.

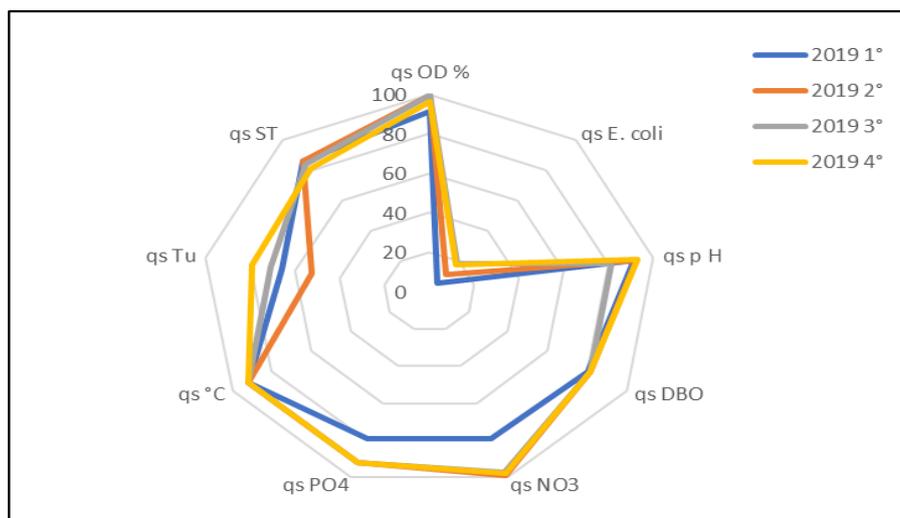


Figura 4: Parâmetros mais influenciadores nos resultados de IQA em 2019
 Fonte: Autor 2020

Os parâmetros que mais contribuíram para a degradação da qualidade da água durante as campanhas realizadas em 2019 foram turbidez, E. coli, e demanda bioquímica de oxigênio. Todos os pontos amostrais da pesquisa apresentaram IQA ruim para a variável de E. coli, tanto na estação chuvosa quanto na seca.

Drumont (2016) ao determinar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Xopotó também observou relevantes concentrações de E. coli o que segunda a autora confirma a contribuição de poluição fecal ao longo de toda bacia hidrográfica, indiferente dos índices pluviométricos e atividades antrópicas desenvolvidas nas áreas de influência.

A DBO teve IQA excelente nos pontos um (P1) e dois (P2), rio Itabirito e ribeirão Carioca, 98,52, para ambos os pontos no período chuvoso, entretanto, no período seco a qualidade deteriora e o IQA fica razoável e ruim, 62,99 e 27,25 respectivamente. O IQA da DBO no período seco começa a ser observado como razoável no ponto três (P3), rio Itabirito depois da confluência com o ribeirão Carioca e no ponto amostral quatro (P4), no córrego do Bação o IQA fica ruim. No período chuvoso, mantêm-se com IQA razoável no ponto amostral três (P3) até o ponto sete (P7) no córrego da Carioca, e nos pontos oito (P8) a dez (P10), rio Itabirito contemplando a montante e jusante da estação de tratamento de esgoto do Serviço Autônomo de Saneamento Básico de Itabirito, IQA ruim.

Fia et al. (2015), ao analisar a variação espaço-temporal da qualidade da água e das características tróficas dos principais cursos de água na micro bacia do ribeirão Vermelho em Lavras-MG, detectaram concentrações de DBO na estação seca que variou de 36,8 a 69,5 mgO₂/L em área urbana semelhante a bacia do rio Itabirito que variou no período seco entre 62,9 a 27,25 dentro da mancha urbana.

O parâmetro de turbidez no rio Itabirito em seus pontos amostrais três (P3), seis (P6) e oito (P8) se mostrou com IQA ruim no período chuvoso. O aumento da turbidez pode ser atribuído pela presença de extensa área com cobertura de campo e pastagem o que caracteriza a ação exercida pelo arraste superficial.

Almeida (2003) evidenciou valores elevados para turbidez na bacia hidrográfica do rio Caí do município de Montenegro-RS no período chuvoso, que variaram entre 22,28 a 41,03 UNT. Oliveira e Schwarzbald (1998) obtiveram variação de 2 UNT até 661 UNT no rio Arroio Sampaio, valor esse muito alto, se comparado com os obtidos no Arroio da Cria. Fia et. al (2015) observou valores de turbidez na ordem de 18, 1 a 482,8 para a estação chuvosa 26,1 a 47,4 UNT no período de estiagem.

Além da precipitação, altas temperaturas, de acordo com Hill et al. (1992) pode provocar aceleração dos processos biológicos e da entrada de material alóctone resultando em grande produção de material orgânico particulado e por consequência, valores mais altos de turbidez. De acordo com o autor o material orgânico particulado existe em maior quantidade no verão, devido às altas temperaturas.

O rio Itabirito tem a qualidade de suas águas deterioradas quando atravessa a mancha urbana do município. Isso pode estar ligado ao fato de que mesmo, ocorrendo interceptação do esgoto sanitário na sede urbana do município, ainda há perdas no sistema de esgotamento sanitário, além de que, somente 70% do esgoto são coletados e os outros 30% lançados de forma in natura nos tributários e no rio Itabirito (SAAE 2020).

A bacia hidrográfica do rio Itabirito está inserida tanto no contexto rural quanto urbana e, por sua vez, sofre interferências antrópicas na qual são características comuns em ambos os locais. Na zona urbana a contaminação se dá de forma pontual e difusa no meio rural. Desta maneira, a degradação da qualidade da água atribuída às elevadas concentrações de E. coli podem estar associadas ao escoamento superficial e carreamento de partículas contaminadas por fezes bovinas e equinas para os corpos d'água, assim como, por lançamento de esgoto doméstico *in natura*.

Até o ponto amostral três (P3), a bacia hidrográfica sofre interferência de atividades agropecuárias, por estar inserida na zona rural do município. O adequado uso do solo e em especial a predominância de culturas permanentes podem contribuir para os bons valores de IQA nos pontos um (P1) e dois (P2).

Do ponto quatro (P4) ao ponto dez (P10), a bacia está totalmente inserida na zona urbana. Os pontos cinco (P5) a oito (P8), córrego Criminoso e rio Itabirito respectivamente, são os que mais sofrem com interferência

das atividades antrópicas. Nesses pontos, os recursos hídricos recebem esgoto doméstico in natura e efluente industrial oriundo de atividade têxtil, abatedouro de suínos e bovinos e de laticínios.

O ponto dez (P10), a jusante da estação de tratamento de esgoto do município, no período chuvoso apresentou melhor qualidade em relação ao ponto seis (P6), rio Itabirito após confluência com o córrego Criminoso, com IQA de 56,6 e 49,0 respectivamente o que pode mostrar que nesse trecho pode ter ocorrido autodepuração devido à declividade da bacia.

3.2 CURVA DO OD AO LONGO DO TRECHO ESTUDADO

O OD monitorado ao longo dos pontos amostrais por período de cinco dias foi aplicado na estação seca e chuvosa. Para o período chuvoso a campanha foi do dia 12/01/2019 até o dia 17/01/2019. Nesse período o ponto cinco, apresentou a menor média de oxigênio dissolvido com 4,12 mg/L-1.

Nota-se na Figura 5 que o rio Itabirito, ponto amostral seis (P6), tem sua classe alterada para o parâmetro de OD, após receber contribuição do córrego Criminoso, ponto cinco (P5). De acordo com a Resolução do Conama 357/2005 e a DN CERH 01/2008, rios de classe II, devem manter níveis de oxigênio dissolvido em 5 mg/L-1.

Na estação seca todas as aferições de OD atenderam os limites exigidos pela legislação. O ponto amostral com menor concentração de OD nesse período foi o ponto seis (P6), com média de 6,17 mg/L e o maior foi identificado no ponto um (P1) com 8,60 mg/L.

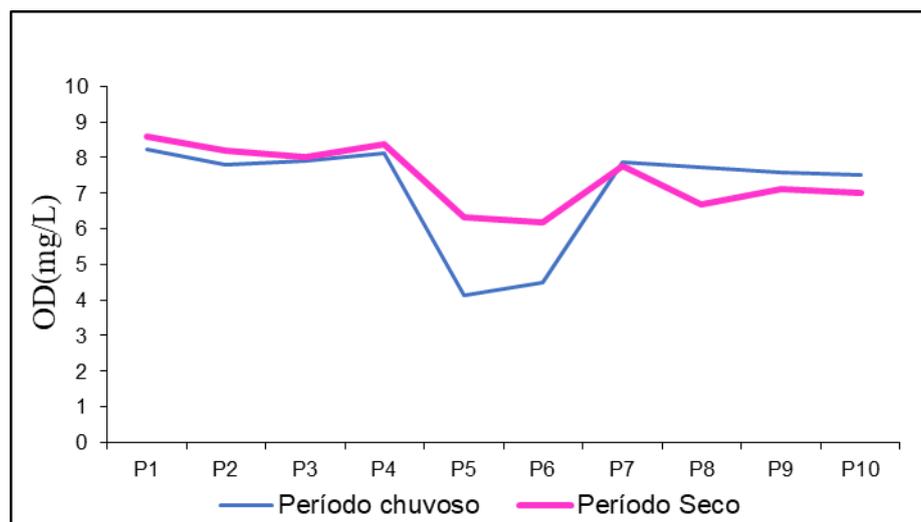


Figura 5: Resultado do perfil de OD da campanha do período chuvoso e seco em 2019.

Fonte: Autor 2020

Mesmo com a curva de depleção nos pontos cinco (P5) e seis (P6), o monitoramento evidenciou que a bacia apresenta capacidade de reabilitação dos níveis de oxigênio dissolvido.

3.3 VAZÃO DOS CURSOS D'ÁGUA

A vazão na estação chuvosa e seca do rio Itabirito e dos principais tributários foi obtida através do produto da velocidade média pela área da seção transversal. Os resultados encontrados estão na Tabela 5 e 6.

Tabela 5: Vazão dos cursos d'água na estação chuvosa.

CURSO D'ÁGUA	LARGURA (m)	ALTURA média (m)	ÁREA (m ²)	VELOCIDADE (m/s)	Q/m ^{3/s}
Ribeirão Carioca	2,50	1,00	2,50	0,2	0,50
Córrego Bação	4,60	0,80	3,70	0,6	2,22
Córrego Criminoso	4,80	0,30	1,45	0,3	0,44
Córrego Carioca	5,10	0,15	0,76	0,4	0,30
Rio Itabirito Montante ETE	15,00	2,50	37,5	0,41	15,38

Fonte: Autor 2020

Tabela 6: Vazão dos cursos d'água na estação seca.

CURSO D'ÁGUA	Largura (m)	Altura média (m)	Área (m ²)	Velocidade (m/s)	Q/m ^{3/s}
Ribeirão Carioca	2,50	0,28	0,70	0,12	0,08
Córrego Bação	4,60	0,28	1,29	0,12	0,15
Córrego Criminoso	4,80	0,05	0,24	0,16	0,04
Córrego Carioca	5,10	0,09	0,46	0,2	0,09
Rio Itabirito Montante ETE	15,00	2,00	30,00	0,09	2,70

Fonte: Autor 2020

O córrego do Bação foi o tributário que mais contribuiu com a vazão do rio Itabirito (2,2 m³/s-1) o que corresponde a 13% da vazão do mesmo a montante da estação de tratamento de esgoto.

Nota-se que a profundidade média da seção estudada no rio Itabirito, variou entre 2,0 a 2,5 m entre as sazonalidades seca e chuvosa respectivamente. A velocidade da água foi maior na coleta realizada em janeiro de 2019 (0,41 m/s-1), data também em que a vazão foi maior (15,38 m³/s-1), enquanto a menor velocidade foi verificada na coleta realizada no mês de agosto (0,09 m/s -1) cuja vazão foi de 2,70 m³/ s -1.

Na estação seca, o rio apresentou queda na vazão em aproximadamente 80% em relação ao período chuvoso. Além das baixas precipitações nesse período, o rio recebe menor carga hidráulica dos seus tributários.

O período de maior vazão no rio Itabirito apresentou melhor IQA em relação ao período de menor vazão, sendo razoável de 56,6 e no período chuvoso e IQA ruim de 35,7 no período seco.

3.4 COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO (K_1)

Todos os valores de k_1 foram calculados e apresentados na Tabela 7 e 8, período chuvoso e seco respectivamente. Não houve necessidade de realizar correção da temperatura em nenhuma das amostras incubadas, já que durante a realização dos experimentos, conservou-se em 20°C, que é a temperatura de referência do coeficiente.

Os coeficientes de desoxigenação variaram entre 0,003 a 0,743 d-1 no período chuvoso e 0,003 a 0,234 d-1 no período seco não caracterizando com os valores típicos mencionado na bibliografia clássica que são de 0,08 a 0,20 d-1. Os pontos cinco (P5), sete (P7) e nove (P9), apresentaram os maiores valores de k_1 , estes implicam maiores taxas de estabilização da matéria orgânica. Neste contexto observou-se maiores concentrações de DBO para esses pontos.

Os pontos um (P1), dois (P2), três (P3) e quatro (P4) apresentaram taxa de estabilização mais lenta na sazonalidade chuvosa, em relação aos demais pontos amostrais. Isso se deve ao fato de sua localização estar a montante da zona urbana do município de Itabirito, onde há menores ocorrências de lançamentos de efluentes, evidenciados pelas baixas concentrações de carga orgânica.

Tabela 7: Resultados de K_1 na estação chuvosa.

Ponto	K_1 (d ⁻¹)	L_0 (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DBO _U (mg/L)
P1	0,014	46,75	0,04	0,26
P2	0,003	49,31	0,76	3,12
P3	0,006	29,29	0,32	2,72
P4	0,017	11,29	1,09	3,73
P5	0,743	5,21	2,90	3,83
P6	0,097	3,23	2,31	6,14
P7	0,251	6,00	4,57	6,03
P8	0,136	6,74	3,01	5,84
P9	0,371	6,06	5,60	6,46
P10	0,181	7,02	4,29	6,54

Fonte: Autor 2020

Tabela 8: Resultados de K_1 na estação seca.

Ponto	K_1 (d ⁻¹)	L_0 (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DBO _U (mg/L)
P1	0,003	588,58	1,56	1,43
P2	0,255	10,24	5,63	1,15
P3	0,234	3,18	1,52	1,11
P4	0,086	16,67	4,15	1,32
P5	0,076	161,89	30,00	12,28
P6	0,049	56,28	8,27	3,27
P7	0,068	95,85	16,45	6,87
P8	0,138	39,81	8,24	3,70
P9	0,023	120,93	5,65	4,16
P10	0,156	25,50	7,60	2,45

Fonte: Autor 2020

Observa-se que o ponto dois (P2) na estação seca obteve taxa de estabilização mais elevada em relação à sazonalidade chuvosa. Isso pode estar associado às atividades de criação de bovinos e equinos na microbacia do ribeirão Carioca, que é evidenciado com o aumento da DBO5 para esse período. Nota-se que na estação chuvosa a DBO5 foi de <2 mgO₂/L e na estação seca 5,63 mgO₂/L o que evidencia mais de 100% de aumento da concentração.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, considera-se que o desenvolvimento geoeconômico na bacia do rio Itabirito contribui de maneira significativa para a degradação da qualidade das águas desta importante sub-bacia no alto curso rio das Velhas.

O emprego da ferramenta de IQA permitiu identificar que as variáveis que mais impactam na degradação da qualidade da água amostradas são *E.coli* e turbidez. Historicamente a depleção da qualidade da água por essas variáveis foram observadas desde 1998 tanto na estação seca quanto na chuvosa. Os melhores IQA's da pesquisa da série histórica foram evidenciados em trimestres do ano de 2003, 2004 e 2006.

Os Índices de Qualidade das Águas mais elevados foram observados tanto em períodos secos quanto no chuvoso. Na estação seca, isto é, terceiro trimestre de 2006 e terceiro trimestre de 2004 o IQA foi de 90,7 com precipitação de 83,7 mm e IQA 87,6 com. Na sazonalidade chuvosa observada no primeiro trimestre 2006 e no quarto trimestre de 2003 o IQA foi 84,4 com precipitação de 246,4 mm e IQA 88,6 com precipitação de 317 mm respectivamente.

A respeito dos valores dos coeficientes de desoxigenação (k₁), observa-se que o rio Itabirito apresenta elevada taxa de oxidação da matéria orgânica, a jusante do núcleo urbano, devido aos altos valores encontrados (0,003 a 0,743 d⁻¹), estes dados estão relacionados com as características da matéria orgânica, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras.

Com os resultados obtidos nesse estudo é possível observar as tendências temporais e espaciais na qual podem servir de subsídio ao gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Itabirito e aos investimentos em tecnologias ambientais. Para a Gestão, por exemplo, os resultados de turbidez e *E.coli*, pode ser um forte indicativo da necessidade de elaborar políticas públicas pelo município, afim de controlar os aspectos que causam os impactos nos cursos d'água da bacia pondo a prova a balneabilidade da mesma e seus usos múltiplos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AB'SÁBER, Aziz Nacib. Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas Edição 2012.
2. ABED, Maher Ahmed; Jalal N. Jeber, Ausama Abbas Faisal, Abdulkhem D. Hussien. Based on Water Quality Index, An Assessment of the Water Quality at Some Areas of Anbar City, West Iraq. International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064. 2017.
3. ALMEIDA, M. A. B.; Schwarzbold, A. Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.1 Jan/Mar 2003, p. 81–97.
4. ANA. (s.d.). Fonte: Estação pluviométrica Lagoa Grande: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/> ano 2019.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.
6. BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento- SNIS. <http://www.snis.gov.br/menu-coleta-dados>. Ano 2017.
7. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução CONAMA 357 DE 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem

- como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011.
8. CARVALHO, Aurean de Paula; Ângelo Ricardo Balduino, Girlene Figueiredo Maciel³; Aurelio Pessoa Picanço. Avaliação da Poluição em Rios Utilizando Índices de Qualidade da Água: Um Estudo de Caso no Ribeirão São João em Porto Nacional –TO. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 35, n. 3, p.472-484, 2016.
 9. CBHVELHAS. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Diagnóstico de fragilidades Hidroambientais 2013. Realizado pelo subcomitê da bacia hidrográfica do Rio Itabirito, pelo comitê do Rio das Velhas e pela Agência da bacia – AGB-Peixe Vivo.
 10. CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>> Acesso em: 20 de Outubro de 2019.
 11. DAMASCENO, Maria da Conceição Silva; Hebe Morganne Campos Ribeiro; Luís Roberto Takiyama; Manoel Tavares de Paula. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. Revista Ambiente e Água 2015.
 12. DRUMOND, Sheila Neves. Avaliação da Qualidade da água, do sedimento e identificação molecular dos tipos diarréogênicos de Escherichia coli na bacia hidrográfica do rio Xopotó na região do Alto rio Doce, Minas Gerais. Ouro Preto 2016.
 13. EPA Environmental Protection Agency. State Requirements for Sludge Management, U.S. Pollution Control and Office of Water Enforcement and Permits. Washington, D.C, 1987.
 14. ESTEVES, F. A.; MENEZES, C. F. S. Papel da Água e da Limnologia na sociedade Moderna. In: ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 62-73.
 15. FIA, R.; Tadeu, H. C.; Menezes, J. P. C de.; Fia, F. R. L.; Oliveira, L. F de. Qualidade da água e um ecossistema lótico urbano. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre - Rs, v. 20, n. 1, p.267-275, 01 jan. 2015. Trimestral.
 16. HILL, B. H.; Gardner, T. J. & Ekisola, O. F. (1992). Predictability of stream flow and particulate organic matter concentration as indicators of stability in prairie streams. Hydrobiologia, vol.242, p.7-18.
 17. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama do esgotamento sanitário em Itabirito MG. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itabirito/panorama>>. Acesso em: 01 de Agosto de 2019.
 18. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama da população em Itabirito, MG. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itabirito/panorama>>. Acesso em: 01 de Agosto de 2019.
 19. IGAM - Instituto Mineiro De Gestão Das Águas. Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais 2016. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/publicacoestecnicas/qualidade-das-aguas/qualidade-das-aguas-superficiais/relatorios-de-avaliacao-dequalidade-das-aguas-superficiais/relatorios-aneais/12171-2016>>. Acesso em setembro de 2020.
 20. LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Avaliação da Qualidade das Águas e Condições de Balneabilidade na Bacia do Ribeirão de Carrancas-MG. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre - Rs, v. 14, n. 4, p.111-120, 2008.
 21. Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. 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.
 22. MIRANDA, Emilim Nádia. Qualidade das águas superficiais do Rio Distrito Jordão/SC: avaliada pelo IQA - Índice de Qualidade das Águas. Monografia do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina 2017.
 23. MYSSIOR S. 2013b. Produto 7: Relatório Final Consolidado. CDH VELHAS/AGB Peixe Vivo, p.157.

24. OLIVEIRA, M. A. e SCHWARZBOLD, A. (1998). Influência de fatores abióticos sobre a estrutura da comunidade periférica de limnotopos da bacia do arroio Sampaio, Mato Leitão, Rio Grande do Sul, Brasil. IHERENGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, vol.I, nº51, p.39-61, out.
25. ONU Organização das nações unidas. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em março de 2016.
26. RUBIO-Arias, H. Ochoa-Rivero, J. M.; Quintana, R. M.; Saucedo-Teran, R.; Ortizdelgado, R. C.; Rey-Burciaga, N. I.; Espinoza-Prieto, J. R. Development of a Water Quality Index (WQI) of an Artificial Aquatic Ecosystem in Mexico. Journal of Environmental Protection, 2013.
27. ROSA, Nathalia Cristina Martins. Estimativa dos coeficientes de desoxigenação e reparação em trechos do rio itabirito – MG. Monografia- Trabalho de graduação em Engenharia Ambiental Ouro Preto 2019.
28. SAAD, A. R.; Semensatto JR, D, L.; Ayres, F. M.; Oliveira, P. E. Índice de Qualidade a Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990 – 2006. Revista UNG – Geociências, Guarulhos-sp, v. 6, n. 1, p.118-133, jan. 2007.
29. SAAE - <https://www.saaeita.mg.gov.br/> Consultado 30 de Junho 2020.
30. SOUZA Isabela Cristina. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Caratinga utilizando Índice de Qualidade de Água e protocolo de avaliação rápida. Dissertação de Mestrado UFOP-Ouro Preto 2018.
31. SPERLING, Marcos Von. Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Editora: UFMG, 2014. Volume 7. p. 588.
32. SPERLING, Marcos Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Editora: UFMG, 2007. Volume 1. p. 452.
33. Thomann, RV e Mueller, JA (1987) Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper-Collins, New York, p. 644.
34. VELOSO H.P., Rangel Filho A.L.R., Lima J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, p. 123.