

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO
ENQUADRAMENTO (ICE) DE CURSOS D'ÁGUA

Marcela Teixeira Lopes Silva

Belo Horizonte
2017

**ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE
CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE) DE
CURSOS D'ÁGUA**

Marcela Teixeira Lopes Silva

S586a

Silva, Marcela Teixeira Lopes.

Adaptação e aplicação do índice de conformidade ao enquadramento (ICE) de cursos d'água [manuscrito] / Marcela Teixeira Lopes Silva. - 2017.

98 f., enc.: il.

Orientador: Marcelo Libânio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 87-98.

Bibliografia: f. 82-86.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento - Teses. 3. Velhas, Rio das (MG) - Teses. 4. Água - Qualidade - Teses. I. Libânio, Marcelo, 1960-. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)

Marcela Teixeira Lopes Silva

**ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE
CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE) DE
CURSOS D'ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Hidráulica e Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Sistema de Recursos Hídricos

Orientador: Marcelo Libânio

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte - BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

<http://www.smarh.eng.ufmg.br>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Adaptação e Aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) de cursos d'água

MARCELA TEIXEIRA LOPES SILVA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. MARCELO LIBÂNIO - Orientador

Prof. VEBER AFONSO FIGUEIREDO COSTA

Prof. ALBERTO DE FREITAS CASTRO FONSECA

Profª WANDERLENE FERREIRA NACIF

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof. Nilo de Oliveira Nascimento
Coordenador

Prof. Marcelo Libânio
Orientador

Belo Horizonte, 06 de março de 2017.

Dedico este trabalho à minha querida amiga Paulinha. Você é exemplo de força, fé e garra. Continuemos na luta!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e por ter me guiado espiritualmente nesta caminhada de crescimento pessoal e profissional.

Aos meus queridos pais, Manoel e Stella, aos meus irmãos, Gustavo e Rafael, e ao meu namorado Felipe, sempre presentes, por todo o amor, carinho e companheirismo.

Ao meu orientador, o Prof. Marcelo Libânio o qual tenho profunda admiração e respeito pela orientação, carinho e oportunidade para realizar este estudo, meu agradecimento especial.

Agradeço a equipe Bios, especialmente Lujan, Nil e Paulo pela compreensão nos momentos de ausência, paciência e conselhos.

Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Em especial, aos queridos: Gláucia, Aline, João, Dayvid, Lafiti, Lincoln, Carol e Jaildo.

Meus sinceros agradecimentos a Gi, Lucinha, Nelly, Pedro, Sandrinha e Cayo. O apoio de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

Agradeço a todos os amigos que de alguma forma contribuíram para realização deste estudo.

RESUMO

Os programas de monitoramento e a apresentação dos resultados de qualidade da água geralmente não permitem avaliar a evolução da condição dos corpos hídricos em relação ao atendimento aos padrões definidos pelo enquadramento. No Brasil, é amplamente utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA) que relaciona um peso para cada um dos nove parâmetros pré-estabelecidos com uma curva de variação de qualidade em função do valor encontrado de cada parâmetro. O objetivo desta pesquisa é discutir a utilização da metodologia do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) de cursos d'água, desenvolvida pelo *Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index*, como ferramenta para o acompanhamento da situação da qualidade da água de um corpo hídrico. Para tanto, o ICE foi aplicado na calha do rio das Velhas, localizado em Minas Gerais/ Brasil. A definição do ICE se baseia na comparação dos valores dos dados de monitoramento da qualidade da água com os padrões instituídos pela legislação através da combinação de três fatores: (i) F_1 : abrangência; (ii) F_2 : frequência; (iii) F_3 : amplitude. Foram selecionados nove parâmetros para composição do ICE: (i) demanda bioquímica de oxigênio (DBO), (ii) coliformes termotolerantes (substituído por *E. coli* a partir de 2013), (iii) ferro dissolvido, (iv) fósforo total, (v) manganês total, (vi) oxigênio dissolvido (OD), (vii) turbidez, (viii) arsênio total e (ix) sólidos em suspensão totais. O período de monitoramento estudado compreendeu 2009 a 2015. Foram avaliados os dados de monitoramento de 16 estações localizadas na calha do rio das Velhas. Para cálculo do ICE foi utilizado o programa MS Excel. Foram analisados 3636 dados de monitoramento e calculados 101 índices. Com o uso da metodologia do ICE procurou-se apresentar a importância do acompanhamento do comportamento do rio ao longo do tempo e de sua calha em relação ao enquadramento, permitindo a identificação dos pontos que precisam de maior controle. De uma forma geral, os resultados do ICE para a calha do rio das Velhas indicam uma situação de afastamento do enquadramento vigente, apesar de demonstrar uma melhora gradual no período analisado. Constatou-se que os parâmetros que mais apresentaram desconformidades foram *E. coli*, manganês total, arsênio total e fósforo total que refletem os principais usos da bacia: aglomerados urbanos, mineração e agricultura/pecuária.

ABSTRACT

Monitoring programs and water quality results presentation generally do not allow to evaluate the evolution of the condition of the water bodies with respect to the compliance with the standards defined by the framework. In Brazil, an index for water quality assessment is widely used, the Water Quality Index (IQA), which attributes weights for each of the nine previously established parameters, with quality variation curves as function of the value founds of each parameter. The objective of this research is to discuss the use of the methodology of the Conformity Index to the Water (ICE), developed by the Canadian Council of the Ministers of the Environmental Water Quality Index, as a tool for monitoring the water quality situation of a water body. For that purpose, the ICE was applied in channel of Velhas river, located in Minas Gerais / Brazil. The ICE definition is based on comparison between the values of the water quality monitoring data and the quality standards established by legislation through combination of three factors: (i) F1: coverage; (ii) F2: frequency; (iii) F3: amplitude. Nine parameters were selected for ICE composition: (i) biochemical oxygen demand (BOD), (ii) *E. coli* (replaced by thermotolerant coliforms in the years prior to 2013), (iii) dissolved iron, (iv) total phosphorus, (v) total manganese, (vi) dissolved oxygen (OD), (vii) turbidity, (viii) total arsenic and (ix) total suspended solids. The monitoring record was set between 2009 and 2015. Monitoring data of 16 stations located in the river were evaluated. The MS Excel® software was used to calculate ICE. Of record 3636 sample points were analyzed and 101 indexes were calculated. With the use of the ICE methodology, it was tried to present the importance of monitoring the river's behavior over time and of its channel in relation to the framing, allowing the identification of the points that need greater control. In general, the ICE results for in Velhas river indicate a situation of departure from the current framework, despite the trend of gradual improvement in the period analyzed. It was verified that the parameters that presented the most disconformities were *E. coli*, total manganese, total arsenic and total phosphorus that reflect the main uses of the basin: urban agglomerates, mining and agriculture / livestock.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	4
2.1	OBJETIVO GERAL	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3	REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS NO BRASIL E EM MINAS GERAIS	5
3.2	ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA.....	11
3.2.1	<i>Situação do enquadramento dos cursos d'água no Brasil.....</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Situação do enquadramento dos cursos d'água em Minas Gerais</i>	<i>20</i>
3.3	MONITORAMENTO E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA	22
3.3.1	ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	25
3.3.2	ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO	29
4	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS	37
4.1	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	40
4.1.1	<i>Histórico de ocupação</i>	<i>40</i>
4.1.2	<i>População e Atividades Econômicas</i>	<i>41</i>
4.1.3	<i>Saneamento e Saúde Pública</i>	<i>43</i>
4.1.4	<i>Usos e Demandas de Água.....</i>	<i>45</i>
4.2	ENQUADRAMENTO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS	46
4.3	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	46
5	METODOLOGIA	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
6.1	POR ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	58
6.2	ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS	75
6.3	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O ICE E O IQA.....	77
7	CONSIDERAÇÕES	79
8	RECOMENDAÇÕES.....	81
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE I	87
	APÊNDICE II.....	91

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – Linha do Tempo da Legislação das Águas.....	11
FIGURA 3.2 –Classes de enquadramento de cursos d'água superficiais	13
FIGURA 3.3 –Fluxograma das etapas para de implementação do enquadramento de corpos de água superficiais	16
FIGURA 3.4 –Metas intermediárias e progressivas utilizadas na proposta de enquadramento.....	18
FIGURA 3.5 – Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) Minas Gerais ..	21
FIGURA 3.5 –Curvas do IQA.....	28
FIGURA 3.6 –Modelo conceitual do índice	30
FIGURA 4.1 – Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais.	38
Figura 4.2: Percentual de tratamento de serviços de esgotamento sanitário nos municípios com coleta e tratamento de esgoto da bacia do rio das Velhas.....	44
FIGURA 5.1 –Percentual de violação ao enquadramento em Minas Gerais, nos anos de 2013, 2014 e 2015.....	51
Figura 5.2 –Estações de monitoramento utilizadas nesta pesquisa	54
FIGURA 6.1 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV001	59
FIGURA 6.2 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV013	60
FIGURA 6.3 – Evolução Temporal do ICE para a estação AV010.....	61
FIGURA 6.4 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV037	62
FIGURA 6.5 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV139	63
FIGURA 6.6 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV063	64
FIGURA 6.7 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV067	65
FIGURA 6.8 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV080.....	66
FIGURA 6.9 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV083	67
FIGURA 6.10 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV153	68
FIGURA 6.11 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV141	69
FIGURA 6.12 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV150	70
FIGURA 6.13 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV146.....	71
FIGURA 6.14 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV151	72

FIGURA 6.15 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV148	73
FIGURA6.16 – Evolução Temporal do ICE para a estação BV149	74
FIGURA6.17 – Evolução temporal do ICE na calha do rio das Velhas	76
FIGURA6.18 – Correlação entre ICE e IQA no período de 2009 a 2015 em 16 estações de monitoramento da calha do rio das Velhas.	77
FIGURA6.19 – Classificação de qualidade do índices ICE e IQA	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1–Classificação das águas em função dos usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005	14
Tabela 3.2–Sub-bacias Hidrográficas enquadradas em Minas Gerais	21
Tabela 3.3–Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivos pesos	26
Tabela 3.4–Faixas do IQA em Minas Gerais.....	29
Tabela 5.1 -Parâmetros de Qualidade da Água selecionados para o ICE.....	52
Tabela 5.2– Padrões para classificação de cursos d’água superficiais	53
Tabela 5.3–Descrição das estações e números de resultados de monitoramento por estação e ano	55
Tabela 5.4–Classificação do Índice de Conformidade de Enquadramento.....	57
Tabela 6.1 –Informações gerais e resultados da estação BV001.....	59
Tabela 6.2 – Informações gerais e resultados da estação BV013.....	60
Tabela 6.3 -Informações gerais e resultados da estação AV010	61
Tabela 6.4 –Informações gerais e resultados da estação BV037.....	62
Tabela 6.5 –Informações gerais e resultados da estação BV139.....	63
Tabela 6.6–Informações gerais e resultados da estação BV063.....	64
Tabela 6.7–Informações gerais e resultados da estação BV067.....	65
Tabela 6.8–Informações gerais e resultados da estação BV080.....	66
Tabela 6.9–Informações gerais e resultados da estação BV083.....	67
Tabela 6.10–Informações gerais e resultados da estação BV153.....	68
Tabela 6.11–Informações gerais e resultados da estação BV141.....	69
Tabela 6.12 –Informações gerais e resultados da estação BV150.....	70
Tabela 6.13–Informações gerais e resultados da estação BV146.....	71
Tabela 6.14–Informações gerais e resultados da estação BV151.....	72
Tabela 6.15–Informações gerais e resultados da estação BV148.....	73
Tabela 6.16–Informações gerais e resultados da estação BV149.....	74
Tabela 6.17 – Consolidação dos resultados do ICE.....	75

Tabela 6.18 – Comparação dos resultados do ICE X IQA..... 78

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA	Agência Nacional de Águas
BCWQI	British Columbia Water Quality Index
BHRV	Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas
CI	Contamination Index
CCME WQI	Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index
CFB	Constituição Federal Brasileira
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
IAP	Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público
IB	Índice de Balneabilidade
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICE	Índice de Conformidade ao Enquadramento
IET	Índice de Estados Trófico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA	Índice de Qualidade da Água
IPMCA	Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática
IVA	Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
OIP	Overall Index of Pollution
OMS	Organização Mundial de Saúde
OWQI	Oregon Water Quality Index
PDRH	Plano Diretor de Recursos Hídricos
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNQA	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SEMA	Secretaria Especial de Meio Ambiente
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente

SCBH	Subcomitês de Bacia Hidrográfica
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
UTE	Unidade Territorial Estratégica
WQI	Water Quality Index

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a principal lei que disciplina o gerenciamento dos recursos hídricos é a Lei Federal nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Define diretrizes que integram a administração dos recursos hídricos com o gerenciamento ambiental e o uso do solo (BRASIL, 1997).

A PNRH estabelece, em seu Art. 5º, instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Dentre eles destaca-se o Enquadramento dos Corpos de Água em classes, segundo os usos preponderantes. O enquadramento dos cursos d'água visa estabelecer metas de qualidade que devem ser atendidas em um determinado período, de acordo com os planos de bacia. Com o enquadramento pretende-se garantir às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como diminuir os custos de combate à poluição mediante ações preventivas.

O enquadramento de corpos d'água é um instrumento de gestão de recursos hídricos cujo processo decisório deve envolver diversos atores e objetivos viáveis de acordo com a situação atual e objetivos futuros do uso da água.

Porto (2002) destaca a importância do enquadramento dos corpos hídricos para o gerenciamento e planejamento ambiental devido ao seu caráter estratégico na gestão integrada de quantidade e qualidade da água e à visão para os usos futuros da bacia. Assim, pode-se definir os caminhos a serem adotados rumo à situação desejada.

Para a efetiva implementação e acompanhamento da eficácia das ações definidas no plano de bacias quanto ao enquadramento, torna-se essencial a avaliação da qualidade do curso d'água de forma sistemática por meio de rede de monitoramento dos parâmetros de acordo com os usos estabelecidos em legislação. Outro aspecto importante é a definição do que consiste no atendimento ou não do enquadramento proposto, ou mesmo, o quão distante, a qualidade do corpo hídrico atual está daquele então desejado.

O monitoramento de corpos d'água executados pelos órgãos ambientais, geralmente, produz um banco de dados grande e complexo, com diversos parâmetros de qualidade da água. Como consequência, tais dados são difíceis de interpretar para chegar a conclusões compreensíveis e significativas, dificultando a análise e a interpretação úteis para a gestão adequada da

qualidade dos recursos hídricos. Os resultados do monitoramento devem ser utilizados para informar o público em geral. Este tipo de informação tem sido cada vez mais cobrado das agências ambientais governamentais, uma vez que há uma crescente consciência de que estes aspectos estão vinculados à qualidade de vida da população (TRINDADE, 2013).

Segundo Amaro (2009), é um desafio desenvolver metodologias que facilitem a divulgação das informações quanto à violação ou não do enquadramento, uma vez que há uma gama de parâmetros de qualidade da água com padrões definidos e, também, é necessário definir a importância de cada parâmetro para os diversos usos da água.

No Brasil e no mundo, os órgãos gestores dos recursos hídricos utilizam índices de qualidade da água como ferramenta de divulgação dos resultados encontrados em seus programas de monitoramento. O mais utilizado deles é o Índice de Qualidade da Água (IQA) da *National Sanitation Foundation (NSF)*.

O IQA relaciona um peso para cada um dos nove parâmetros pré-estabelecidos com uma curva de variação de qualidade em função do valor encontrado de cada parâmetro. Dessa forma, a avaliação da qualidade da água utilizando o IQA não permite verificar a distância da situação do curso hídrico em relação ao enquadramento vigente.

Nesse sentido, especialistas em recursos hídricos da Subcomissão Técnica de Qualidade da Água do Canadá desenvolveram, em 1997, o *Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index (CCME WQI)* - Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). A definição do ICE se baseia na comparação dos valores dos dados de monitoramento com os padrões de qualidade da água instituídos pela legislação.

Na metodologia desenvolvida no Canadá, não há a especificação de quais parâmetros de qualidade da água devem ser utilizados para cálculo do ICE. Quatro variáveis, no mínimo, e mais de quatro dados de monitoramento ao longo do ano por variável são necessários. Dessa forma, cabe ao gestor ou interessado definir os dados de entrada que indicam a condição de conformidade da qualidade da água do corpo hídrico ao enquadramento estabelecido.

Este trabalho justifica-se uma vez que os atuais programas de monitoramento e apresentação dos resultados de qualidade da água geralmente não permitem avaliar a evolução da condição dos corpos hídricos em relação ao atendimento aos padrões definidos pelo enquadramento.

A adaptação e aplicação do ICE na bacia do rio das Velhas poderá auxiliar a avaliação dos programas de recuperação e conservação e na tomada de decisões das ações por apresentar dados de qualidade da água de forma simples e de fácil entendimento para todos os usuários.

Das seis bacias hidrográficas mineiras já enquadradas, optou-se pela bacia do rio das Velhas por seu potencial estratégico para o estado de Minas Gerais e pela disponibilização de dados de monitoramento. Adicionalmente, o rio das Velhas tem sido foco de diversas pesquisas acadêmicas e conta com o Projeto Manuelzão, um projeto de extensão da Universidade Federal de Minas Gerais que ganhou notório reconhecimento e compromisso pelo Governo do Estado por suas ações de preservação e recuperação da bacia.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral desta pesquisa é a aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) de cursos d'água na calha do rio das Velhas, localizado em Minas Gerais.

2.2 *Objetivos específicos*

- Verificar o atendimento ao enquadramento proposto para a calha do rio das Velhas a partir de metodologia do ICE, desenvolvida pelo *Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index (CCME-WQI)*;
- Identificar eventual correlação entre o ICE e o Índice de Qualidade da Água (IQA) nos pontos de monitoramento da calha do rio das Velhas;
- Discutir a utilização do ICE como ferramenta para o acompanhamento da situação da qualidade da água de um corpo hídrico.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Contextualização Legal do Enquadramento de Corpos Hídricos no Brasil e em Minas Gerais*

De acordo com Farias (2009), até início do século XX no Brasil, não havia qualquer preocupação ou interesse com o meio ambiente, exceto com enfoque econômico pela proteção a alguns recursos naturais, dentre os quais não se incluía a proteção à água.

O Código de Águas, instituído pelo Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934, é a primeira norma legal brasileira que disciplina a gestão de recursos hídricos. Sobre qualidade das águas, o código dispõe que:

Art. 109. A ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros (BRASIL, 1934).

E ainda, define punição aos infratores:

Art. 110. Os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores, que, além da responsabilidade criminal, se houver, responderão pelas perdas e danos que causarem e pelas multas que lhes forem impostas nos regulamentos administrativos (BRASIL, 1934).

O Código de Águas estabeleceu uma política avançada para a época, mas sua regulamentação abordou aspectos relacionados ao desenvolvimento do setor elétrico e não tratou dos usos múltiplos e da proteção da qualidade das águas (GRANZIERA, 2003).

Até meados do século XX a gestão das águas limitava-se à gestão de sua quantidade, sem preocupação com a sua qualidade (FARIAS, 2009).

Em 1955 o estado de São Paulo regulamentou o primeiro sistema de classificação dos corpos d'água do País, e enquadrou alguns rios por meio do Decreto Estadual nº 24.806 (SÃO PAULO, 1955).

A Conferência do Meio Ambiente de Estocolmo realizada em 1972 é um marco da preocupação em torno da preservação dos recursos naturais. Após esta Conferência, foi instituída no Brasil a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), no âmbito do Ministério do Interior, e iniciou-se a criação dos órgãos estaduais do meio ambiente. Assim,

começou um processo de tratamento legal para proteger a quantidade e a qualidade da água que se perpetua até hoje, com os aspectos de qualidade sendo assumidos pela legislação ambiental (DINIZ, 2006).

O primeiro sistema de enquadramento dos corpos d'água por classes na esfera federal surgiu em 1976, por meio da Portaria do Ministério do Interior nº 13, com a finalidade restrita de atender padrões de balneabilidade e recreação (BRASIL, 1976).

Em 1978 foram criados os Comitês Integrados de Estudos de Bacias Hidrográficas para diversos rios brasileiros, principalmente no Sudeste. Esses comitês eram compostos apenas por membros do Poder Público, não tinham poder deliberativo, mas realizaram vários estudos para o conhecimento das bacias. Entre estes, destacam-se os de enquadramento dos corpos d'água das bacias do rio Paranapanema, em 1980, e do rio Paraíba do Sul, em 1981 (ANA, 2007).

Segundo Diniz (2006), os estudos dos Comitês constituíram experiências importantes para a definição do sistema de gestão das águas no Brasil ao incorporarem a articulação e a proteção dos usos múltiplos dos recursos hídricos.

Os primeiros mecanismos e instrumentos legais de proteção ao meio ambiente no Brasil foram definidos com a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei Federal nº 6938/1981 (BRASIL, 1981).

A PNMA definiu critérios de qualidade ambiental com o objetivo de garantia do meio ambiente equilibrado definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo pertencente ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Também previu instrumentos como os padrões de qualidade das águas, as licenças, o sistema de informações ambientais, o zoneamento e os incentivos ambientais, que possuem papel importante na gestão dos recursos hídricos.

A Resolução CONAMA nº 20/1986, que substituiu a Portaria nº13/1976 do Ministério do Interior e foi revogada pela Resolução CONAMA nº357/2005, inaugurou, no âmbito nacional, a gestão da qualidade das águas e estabeleceu uma nova classificação para as águas doces, salobras e salinas. Esta Resolução fixou metas para garantia dos usos preponderantes da água e diretrizes para a utilização do enquadramento dos cursos d'água, por meio do

estabelecimento de limites de qualidade não necessariamente baseados no estado atual do corpo hídrico, mas naquele que estes deveriam possuir para atender às necessidades dos usos mais exigentes (BRASIL, 1986; BRASIL, 2005).

A referida Resolução representou um marco no sistema de enquadramento de corpos d'água. Conceituou os seguintes termos: (i) classificação: “qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistemas de classes de qualidades)”; (ii) enquadramento: “estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo” e (iii) padrões de qualidade: “constituem-se em limites individuais para cada substância”.

A Resolução CONAMA nº 20/1986 possibilitou também o aumento de aplicação de penalidades e interdição de atividades, uma vez que os órgãos ambientais passaram a ter obrigações e competências para garantir a quantidade e a qualidade da água. Os órgãos responsáveis pelo monitoramento passaram a ter que desenvolver métodos de coleta e análise de água com o objetivo de fiscalização e controle. (POMPEU, 2002 *apud* DINIZ, 2006)

Também fixou que os órgãos responsáveis deveriam definir o enquadramento das águas e estabelecer programas de controle de poluição para sua efetivação, a fim de garantir que corpos hídricos, cujas condições estivessem em desacordo com as classes, fossem recuperados.

Em 1989, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) definiu o enquadramento dos corpos d'água de domínio da União na Bacia do Rio São Francisco, segundo as classes da Resolução CONAMA nº 20/1986. Durante os anos 1980 e 1990, alguns Estados estabeleceram os enquadramentos de seus corpos d'água principais ou de algumas bacias selecionadas: Paraíba (1988), Paraná (entre 1989 e 1991), Rio Grande do Sul (entre 1994 e 1998), Minas Gerais (entre 1994 e 1998), Bahia (1995 e 1998) e Mato Grosso do Sul (1997). (ANA, 2007)

A Constituição Federal Brasileira (CFB) de 05 de outubro de 1988 foi responsável por estabelecer princípios e diretrizes que acarretaram em mudanças na gestão das águas, bem como sobre a proteção ambiental no Brasil. Todas as águas tornaram-se públicas. Definiu que apenas ao legislador federal caberia instituir os fundamentos referentes ao gerenciamento dos

recursos hídricos. Lei complementar pode autorizar os Estados a legislar sobre questões das águas, embora não tenha sido publicada tal lei até hoje.

O texto constitucional apresenta um capítulo próprio sobre meio ambiente, VI, e em seu Art. 225 determina que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Também estabeleceu uma série de diretrizes ambientais que devem ser observadas na proteção ambiental e incumbiu ao Poder Público o dever de controlar a produção, comercialização e uso de técnicas, métodos e substâncias que impliquem em risco para a vida, qualidade de vida e meio ambiente.

Para Diniz (2006), em relação à qualidade da água, o controle pelo Poder Público atenta, com a Constituição, para a classificação e enquadramento dos corpos d'água, uma vez que a identificação de parâmetros de qualidade de água em desacordo com os padrões pode implicar em risco para a qualidade de vida de acordo com os usos múltiplos.

Em 1991, o Estado de São Paulo instituiu sua Política Estadual de Recursos Hídricos, por meio da Lei nº 7.663, que representou um marco legal, já que se antecipou à lei federal (SÃO PAULO, 1991).

Em 1997, é criada a Lei Federal nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Esta Lei representa o principal marco no processo de mudança do ambiente institucional regulador dos recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997).

A Lei das Águas definiu diretrizes que integram a administração dos recursos hídricos com o gerenciamento ambiental e o uso do solo. Considerou também a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos usuários e com o planejamento regional, estadual e nacional

A PNRH estabeleceu, em seu Art. 5º, cinco instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Dentre eles destaca-se o enquadramento dos corpos d'água como o principal instrumento de integração para a gestão de qualidade das águas.

A referida Lei levou à criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em 1998, e da Agência Nacional das Águas (ANA), em 2000. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) tem, entre outras atribuições, a função de arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes e estabelecer as diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. A ANA tem a função básica de disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da PNRH.

Em Minas Gerais, foi instituída a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) em 1999 através da Lei nº 13.199, que visa assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios (MINAS GERAIS, 1999).

De acordo com esta Lei, o Estado fica responsável por:

- Desenvolver programas que visem o uso múltiplo das águas;
- Planejar ações integradas nas bacias hidrográficas com vistas ao tratamento de esgotos domésticos, efluentes industriais e demais efluentes, antes do seu lançamento nos corpos de água receptores;
- Celebrar convênios com municípios objetivando uma adequada gestão dos recursos hídricos;
- Articular-se com a União, outros Estados e com municípios, respeitadas as disposições constitucionais e legais, com vistas ao aproveitamento, ao controle e ao monitoramento dos recursos hídricos em seu território.

A Lei nº 13.199/99 dispõe, em seu Capítulo III, sobre os instrumentos da PERH, a organização de seu Sistema Estadual de Informação sobre Recursos Hídricos, o Enquadramento dos Corpos de Água em Classes de Uso, Outorgas dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos, a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, entre outros temas que se fazem necessários para o correto cumprimento da PERH.

A Resolução CNRH nº 12/2000 estabelece os procedimentos para o enquadramento dos cursos d'água em classes de qualidade, definindo seu conteúdo mínimo, as competências para elaboração e aprovação da proposta de enquadramento e as etapas a serem observadas (BRASIL, 2000). Foi posteriormente revisada pela Resolução CNRH nº 91/2008.

Em 2005, a Resolução CONAMA nº 357 substituiu a Resolução CONAMA nº 20/ 1986 e definiu a classificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes e determinou diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de definir as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

De acordo com o Art. 7º desta Resolução, os padrões de qualidade das águas estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe de enquadramento. Apresenta tabelas específicas que indicam quais valores máximos ou mínimos que cada parâmetro deve respeitar, seja ele orgânico ou inorgânico, para cada classe de uso.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 foi alterada pelas Resoluções CONAMA nº 410/2009 e nº 430/2011. As alterações concentraram-se basicamente nos prazos de complementação e definição de padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução CNRH nº 91/2008 dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos e trata, entre outras coisas, das etapas do enquadramento que deve ser desenvolvido em consonância com o planos de recursos hídricos da bacia , do estado, distrito, regional e nacional. (BRASIL, 2008)

Acerca da legislação de Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH) nº 01, de 05 de maio de 2008 classifica os corpos d'água superficiais. Adicionalmente, estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de indicar e definir as condições e padrões de lançamento de efluentes aplicáveis no Estado (MINAS GERAIS, 2008).

A Figura 3.1 apresenta os principais marcos das legislações nos âmbitos federal e estadual, em relação à gestão das águas, com enfoque no enquadramento dos corpos hídricos.

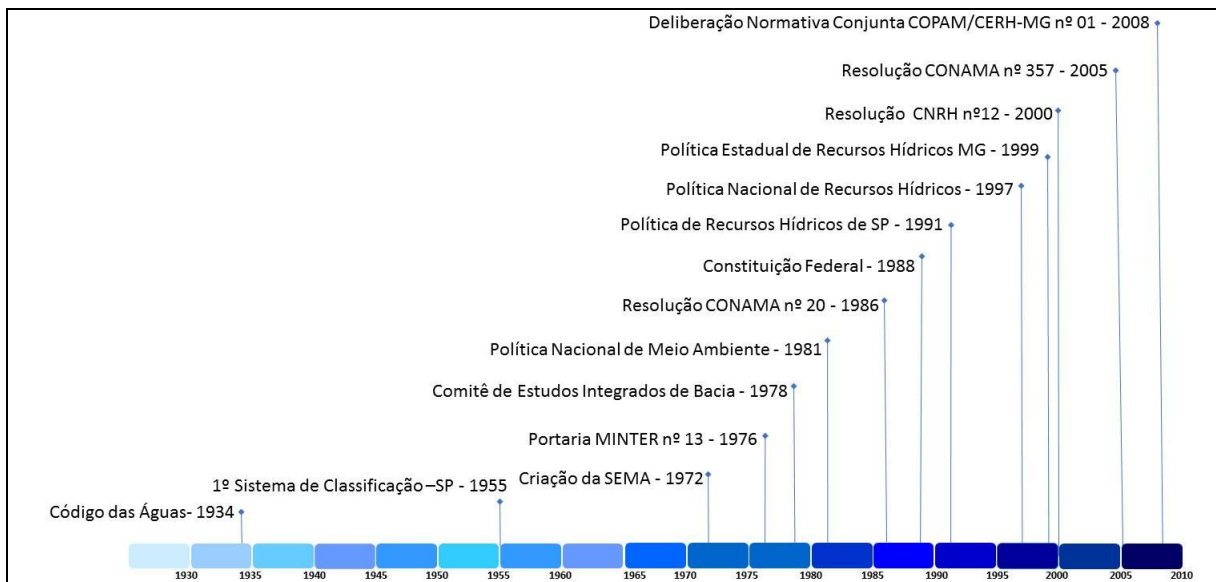


FIGURA 3.1 – Linha do Tempo da Legislação das Águas
 Fonte: Adaptado de Diniz, 2006.

3.2 Enquadramento dos Cursos d'água

O enquadramento dos cursos d'água é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos que visa estabelecer metas de qualidade a serem cumpridas ao longo de um período e garantidas através dos planos de bacia. Assim, almeja-se que a qualidade das águas seja compatível com os usos mais exigentes para os quais se destinam e a possibilidade de reduzir os custos de combate à poluição mediante ações preventivas.

Deve se basear nos níveis de qualidade que o curso d'água deveria possuir ou se manter para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade. Dessa forma, este instrumento deve ser considerado no âmbito do planejamento no gerenciamento de uma bacia hidrográfica.

Segundo PORTO (2002), na qualidade de instrumento de planejamento, o enquadramento trabalha com a visão futura da bacia e permite que se defina a tática a ser utilizada nesse caminho rumo à situação desejada.

Conforme Rodrigues (2016), o enquadramento de um corpo hídrico não indica, necessariamente, a qualidade atual, mas sim uma possível estratégia de planejamento para atendimento às metas de médio e longo prazos estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos aprovados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou Conselhos Estaduais, mediante proposta apresentada pela Agência de Bacia Hidrográfica ao respectivo Comitê.

O objetivo de qualidade da água deve ser estabelecido a partir da avaliação da condição atual do corpo hídrico ("o rio que temos") e a verificação com as partes interessadas da qualidade desejada para aquele curso d'água ("o rio que queremos"). Além disso, é necessário definir as metas com todos os envolvidos, considerando os aspectos técnicos e econômicos para alcançá-las ("o rio que podemos ter").

Nos casos em que a qualidade atual já atinja a condição desejada, é preciso discutir e planejar as ações necessárias para preservação daquele curso d'água. A qualidade de um corpo hídrico pode ser representada por meio da análise dos diversos parâmetros presentes na água. Tais elementos demonstram as características físicas, químicas e biológicas do ambiente aquático.

Os principais parâmetros que traduzem as particularidades físicas são: cor, turbidez, temperatura, sabor e odor. As características químicas da água se relacionam à presença de substâncias dissolvidas, das quais se destacam: pH, salinidade, dureza, acidez, alcalinidade, ferro e manganês, nitrogênio, cloretos, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes inorgânicos e micropoluentes orgânicos. Os indicadores biológicos são os microrganismos aquáticos que desenvolvem suas atividades biológicas na água e podem provocar modificações no ambiente. Os organismos mais utilizados como indicadores de qualidade são: algas, bactérias, protozoários e organismos patogênicos.

Os padrões e recomendações de qualidade da água são funções de seus usos previstos e embasados por um suporte legal. Os padrões nacionais são estabelecidos por cada país através de legislação e são baseados nas características específicas de cada país. Em alguns, existem padrões regionais que devem ser iguais ou mais restritivos do que os correspondentes padrões nacionais. As diretrizes ou recomendações são propostas por instituições de aceitação geral, como a Organização Mundial de Saúde (OMS), não têm força de lei e geralmente objetivam a proteção da saúde pública e do meio ambiente em termos mundiais (VON SPERLING, 2005).

A gestão dos recursos hídricos e os objetivos de qualidade devem proporcionar o uso múltiplo das águas, tais como: preservação das comunidades aquáticas, abastecimento doméstico, recreação, irrigação, dessedentação animal, navegação, produção de energia e outros. Cada tipo de uso implicará uma maior ou menor exigência de qualidade da água.

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005, que substituiu a Resolução CONAMA nº 20/1986, estabeleceu classes da qualidade de água considerando usos mais ou menos

exigentes. Tal Resolução dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade $\leq 0,05\%$), salobra (salinidade maior que $0,05\%$ e menor que $3,0\%$) e salinas (salinidade $\geq 3,0\%$). Em função dos usos previstos há 13 classes (águas doces: classe especial e 1 a 4; águas salobras: classe especial e 1 a 3; águas salinas: classe especial e 1 a 3).

A Figura 3.2 apresenta as classes de enquadramento dos cursos d'água superficiais.

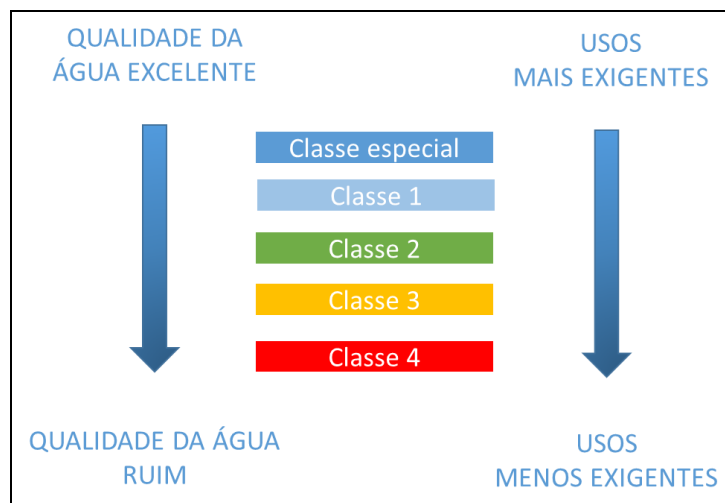


FIGURA 3.2 –Classes de enquadramento de cursos d'água superficiais
Fonte: Adaptado de ANA, 2016.

A Tabela 3.1 apresenta um resumo dos usos preponderantes em cada classe, sendo a classe especial para os usos mais nobres e a classe 4, os usos menos nobres. Cada uma das classes corresponde a uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água expressa na forma de padrões definidos na referida Resolução CONAMA 357.

Tabela 3.1—Classificação das águas em função dos usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005

Uso	Doces				Salinas			Salobras					
	Espec	1	2	3	4	Espec	1	2	3	Espec	1	2	3
Abastecimento para consumo humano	X (a)	X (b)	X (c)	X (d)							X (d)		
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X					X					X		
Preservação de ambiente aquático em unidade de conservação de proteção integral	X					X					X		
Proteção das comunidades aquáticas		X (h)	X				X					X	
Recreação de contato primário (*)		X	X				X					X	
Irrigação		X (e)	X (f)	X (g)								X (e)	(f)
Aquicultura e atividade de pesca			X				X					X	
Pesca amadora				X				X					X
Dessedentação de animais				X									
Recreação de contato secundário				X				X					X
Navegação					X				X				X
Harmonia paisagística					X				X				X

Notas: (a) com desinfecção; (b) após tratamento simplificado; (c) após tratamento convencional; (d) após tratamento convencional ou avançado; (e) hortaliças consumidas cruas e de frutas que desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas; (f) hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; (g) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; (h) de forma geral, e em comunidades indígenas.

(*) conforme Resolução CONAMA nº 274/2000 (balneabilidade)

Fonte: Adaptado de von Sperling, 2005.

Além dos padrões de qualidade da água dos corpos hídricos, a Resolução CONAMA 357/2005 foi complementada pela Resolução CONAMA 430/2011 e passou a apresentar padrões de lançamento de efluentes nos cursos d'água. Os padrões estão inter-relacionados e possuem o mesmo objetivo: a preservação da qualidade da água. O atendimento aos padrões de lançamento deve garantir simultaneamente o atendimento aos padrões do corpo receptor.

A vazão de referência é a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão e é definida segundo critérios a serem estabelecidos pelos órgãos competentes.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta CERH-COPAM nº 01/2008 classifica os corpos d'água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como define os padrões de lançamento de efluentes e segue definições semelhantes à da

Resolução CONAMA nº 357/2005, porém com algumas alterações nos padrões de qualidade da água e de lançamento, sendo a legislação mineira mais restritiva.

Conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto o enquadramento de um corpo hídrico não for aprovado, tem-se: (i) as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente; (ii) para fins de cobrança, outorga e licenciamento ambiental deverão ser considerados os padrões de qualidade da classe correspondente aos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água; e (iii) até que a autoridade outorgante tenha informações sobre os usos mais restritivos, poderá ser adotada, para as águas superficiais, a classe 2, conforme previsto pela Resolução CNRH nº 91/2008 (ANA, 2013; BRASIL, 2005; BRASIL, 2008)

O trâmite da proposta de enquadramento é competência técnica e deve ser realizado pelas agências de água (ou na falta dessas, pelo órgão gestor de recursos hídricos) em conjunto com o órgão de meio ambiente e estabelecido em parceria com o Comitê de Bacia. Por fim, deve ser aprovado pelo respectivo Conselho de Recursos Hídricos.

A Resolução CNRH nº 91/2008 define cinco etapas gerais para o enquadramento dos corpos de água: (i) diagnóstico; (ii) prognóstico; (iii) elaboração das alternativas de enquadramento; (iv) análise e deliberações do comitê e do conselho; (v) implementação do programa de efetivação do enquadramento (BRASIL, 2008).

Na Figura 3.3 são identificadas as cinco macro etapas do processo de enquadramento, desde o diagnóstico da bacia até a implementação do programa de efetivação.

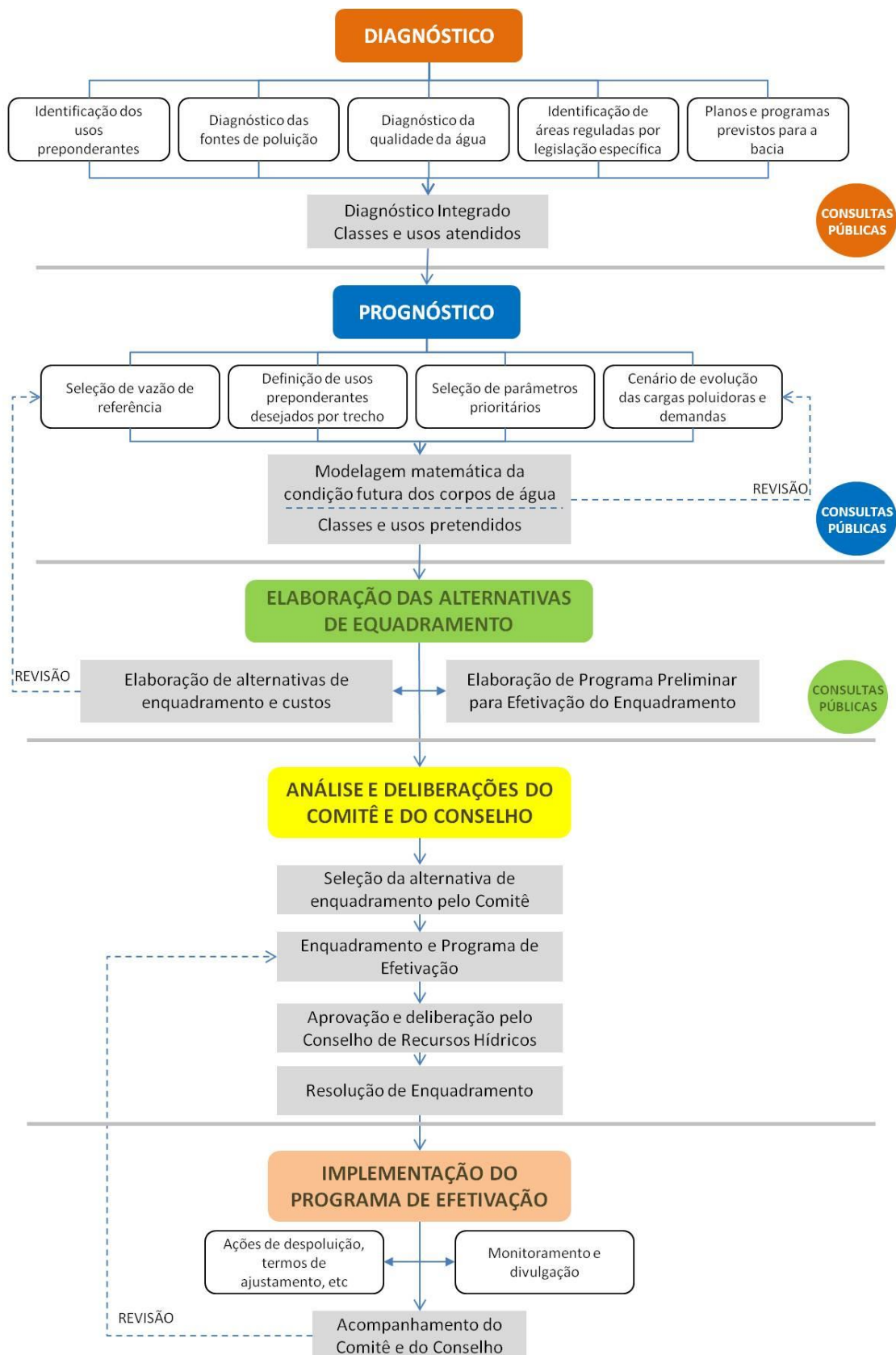


FIGURA 3.3 – Fluxograma das etapas para de implementação do enquadramento de corpos de água superficiais
 Fonte: Adaptado de ANA, 2013.

A primeira etapa é o diagnóstico, cujo objetivo é conhecer todos os aspectos quantitativos e qualitativos para subsidiar a etapa seguinte, de prognóstico, com previsão de usos futuros do recurso hídrico. Na linguagem popular, diz-se tirar uma fotografia e a partir daí, fazer inferências (com base em métodos matemáticos) sobre as possibilidades de alteração na quantidade e qualidade da água, alterando respectivamente os usos e demais aspectos.

Daí nasce a proposta de enquadramento, ou seja, assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Como qualquer outro plano, é primordial que seja elaborado prevendo as questões de “como” e “quando” fazer e os custos inerentes de forma a garantir a efetividade do enquadramento.

Do diagnóstico até a elaboração de alternativas de enquadramento é essencial a realização de consultas públicas com os *stakeholders* permitindo legitimar o processo, ou seja, ouvir todos os atores envolvidos como: órgãos públicos, lideranças da região, empresários, agricultores, pescadores, organizações não governamentais e população em geral.

Após estas etapas técnicas, cabe ao Comitê de Bacia e Conselho de Recursos Hídricos a etapa de análise e deliberação. A partir dos cenários construídos, o comitê (primeira instância deliberativa) seleciona a alternativa de enquadramento e o respectivo programa para a efetivação. Na sequência, o comitê submete a proposta de enquadramento ao Conselho de Recursos Hídricos, que, em aprovando, emite uma resolução.

Por fim, é o momento de colocar em prática as metas construídas e pactuadas. A última etapa é também a mais desafiadora e tem como premissa o acompanhamento e monitoramento, principalmente pelos comitês e conselho de recursos hídricos.

Conforme ANA (2007), dentre as ações previstas no programa de efetivação do enquadramento estão: (i) mecanismos de comando e controle: fiscalização das fontes poluidoras, aplicação de multas, outorga e termos de ajustamento de conduta; (ii) mecanismo de disciplinamento: zoneamento do uso do solo e criação de Unidades de Conservação, entre outros; e, (iii) mecanismos econômicos, como cobrança pelo lançamento de efluente e pagamento por serviços ambientais.

Além desses, o programa de efetivação do enquadramento deve prever projetos, obras e iniciativas de despoluição da água como a construção de estações de tratamento de esgoto.

E, por se tratar de um plano, deve prever revisões para ajustes em função dos resultados alcançados e as metas propostas. Uma boa estratégia é prever metas intermediárias e progressivas até que se alcance a meta final desejada, como mostra a Figura 3.4.

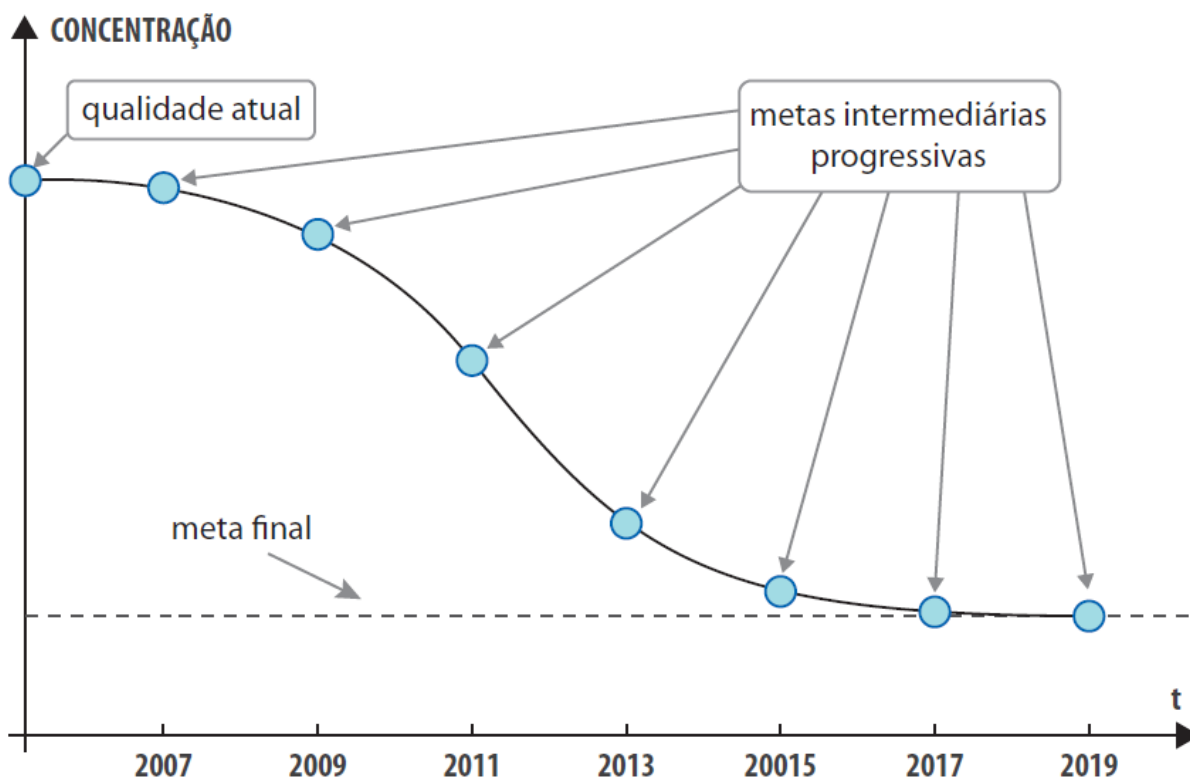


FIGURA 3.4 –Metas intermediárias e progressivas utilizadas na proposta de enquadramento
Fonte: Adaptado de ANA, 2007.

Segundo Procópio (2011), pode-se afirmar que a resolução CNRH nº 91/08 transcende as questões relativas ao “rio que temos” e ao “rio que queremos”, adotando como foco da gestão dos recursos hídricos o “rio que podemos ter”. O enquadramento deve ser proposto inicialmente em função do uso requerido mais restritivo. Torna-se indispensável, no entanto, que a condição de qualidade inerente à classe pretendida seja algo viável. O enquadramento, portanto, deve ser definido em função da qualidade possível de ser atingida considerando um conjunto de ações, técnica e economicamente viáveis, e não somente a qualidade atual do corpo d’água, ou ainda a qualidade desejada. Nesse contexto, são conduzidas as simulações da qualidade da água, que por meio da aplicação de modelos matemáticos, permitem prever, a

partir das características da bacia, a qualidade da água possível de ser alcançada considerando diferentes cenários.

Um dos desafios do pós-enquadramento é o monitoramento da qualidade da água e a divulgação das informações para a sociedade. A Resolução CNRH nº 91/2008 prevê que cabe aos órgãos gestores de recursos hídricos o controle, fiscalização e avaliação do cumprimento das metas do enquadramento. Conforme Diniz (2006), sem informação de qualidade da água relacionada aos parâmetros das metas de enquadramento não é possível avaliar as estratégias que precisam ser adotadas tanto para a elaboração das metas progressivas e finais do enquadramento quanto para a sua efetivação, pela impossibilidade de comparação entre as classes e a condição de qualidade do corpo hídrico apresentada.

3.2.1. Situação do enquadramento dos cursos d'água no Brasil

Em 2007, a ANA publicou o documento “Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água no Brasil”, com o objetivo de apresentar o diagnóstico da implementação do instrumento e indicar diretrizes para sua ampliação. Foi verificado que, em relação aos corpos d'água de domínio estadual, apenas 10 estados (Alagoas, Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) possuíam instrumentos legais que enquadram total ou parcialmente seus corpos d'água, embasados na Portaria Interministerial nº 13/1976 e na Resolução CONAMA nº 20/1986. O Estado do Rio de Janeiro estabeleceu, na década de 1970, uma sistemática de classificação dos corpos de água diferente da norma federal. (ANA, 2007). Quanto aos corpos d'água federais, até 2007, o Brasil possuía três bacias enquadradas: Paraíba do Sul, Paranapanema e São Francisco.

A Resolução CNRH nº 91/ 2008 prevê, em seu artigo 14, que os corpos de água já enquadrados com base na legislação anterior à publicação desta deverão ser objeto de adequação aos atuais procedimentos, em especial, no que se refere à aprovação do respectivo comitê de bacia hidrográfica e à deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e ao programa de efetivação.

A ANA apresenta anualmente relatórios denominados “*Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil*”, nos quais constam as ações relativas ao enquadramento dos cursos d'água no ano do

estudo. Observaram-se as seguintes revisões e implementações do enquadramento nestes relatórios após o ano de 2008:

- 2009: foi aprovada a proposta de enquadramento transitório das Bacias dos Rios Joanes, Ipiranga e Jacuípe, na Bahia (ANA, 2010).
- 2010: o Comitê de Bacia aprovou a proposta de enquadramento do Rio Doce, em Minas Gerais. Em Santa Catarina, o Comitê do Rio Itajaí aprovou a proposta de reenquadramento apresentada no Plano de Recursos Hídricos da Bacia. O Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul aprovou o enquadramento dos corpos d'água da Bacia do Rio Gravataí e das lagoas da Bacia do Rio Tramandaí, assim como os prazos máximos para atingir a meta final e a meta intermediária do enquadramento da Bacia do Rio Caí. Aprovado o Plano de Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá com proposta de atualização do enquadramento (ANA, 2011).
- 2011: o CNRH aprovou o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Amazônica – Afluentes da Margem Esquerda, o qual possui diretrizes para o enquadramento das Bacias dos Rios Xingu, Tapajós, Madeira, Purus, Juruá e Javari (ANA, 2012).
- 2014: no Rio Grande do Sul, foi aprovado o enquadramento da Bacia do Rio dos Sinos. No Rio de Janeiro ocorreu a aprovação do enquadramento de trechos de cursos d'água da Região Hidrográfica Guandu. Foi publicada a resolução de enquadramento dos cursos d'água do Distrito Federal. Em São Paulo, foi aprovada a alteração da classe de qualidade de trechos dos rios Jundiá e Ribeirão Lavapés (ANA, 2015).
- 2015: foi aprovado o enquadramento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul, e da Bacia Hidrográfica do rio Benevente, no Espírito Santo (ANA, 2016).

3.2.2. Situação do enquadramento dos cursos d'água em Minas Gerais

O primeiro corpo de água mineiro enquadrado conforme previsão legal foi o córrego Mingu, afluente da margem direita do rio das Velhas. Seu enquadramento ocorreu em 1993, pela Deliberação Normativa COPAM nº 05. De acordo com Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2015), das 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH)

de Minas Gerais, apresentadas na Figura 3.5 abaixo, seis possuem deliberação normativa regulamentando a classificação dos corpos de água, conforme apresentado pela Tabela. 3.2.

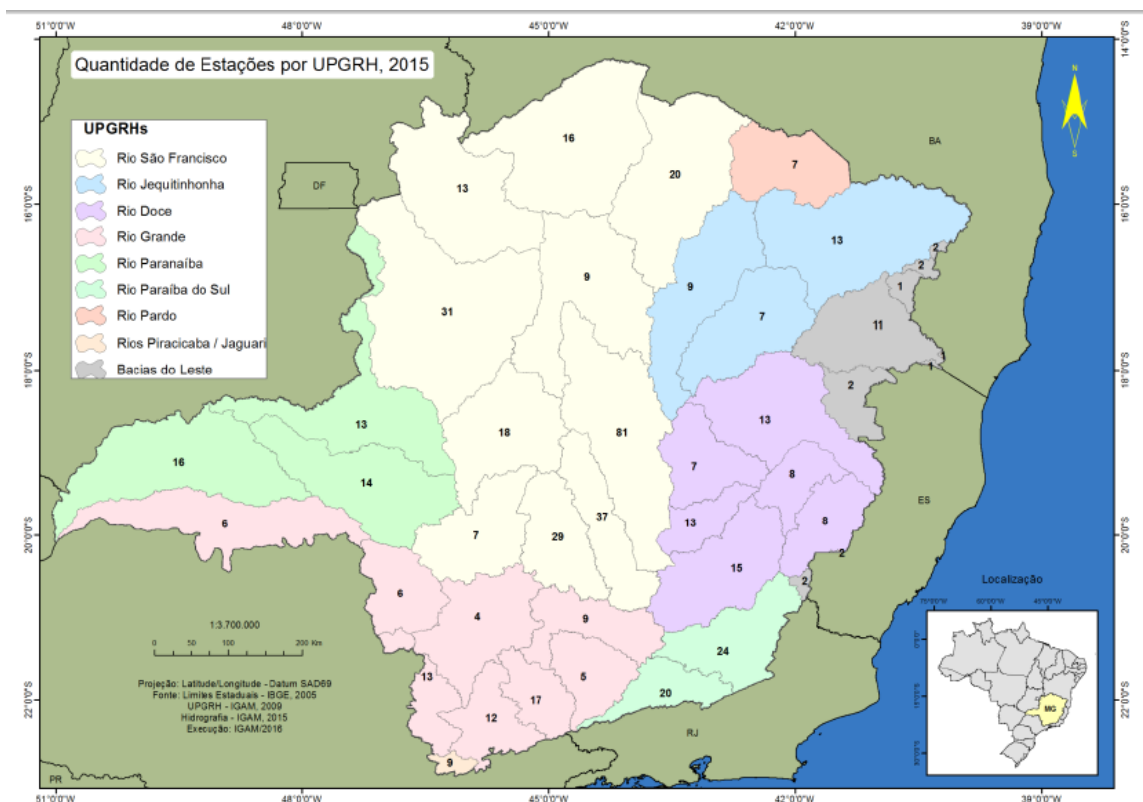


FIGURA 3.5 – Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) de Minas Gerais
Fonte: IGAM, 2015.

Tabela 3.2–Sub-bacias Hidrográficas enquadradas em Minas Gerais

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	UPGRH	DN COPAM
Rio Doce	Rio Piracicaba	DO2	09/94
	Rio Paraopeba	SF3	14/95
Rio São Francisco	Rio das Velhas*	SF5	20/97
	Rio Pará	SF2	28/98
Rio Paraíba do Sul	Rios Preto/Paraibuna	PS1	16/96
Rio Grande	Rio Verde	GD4	33/98

Fonte: Adaptado de IGAM, 2014.

(*) a bacia do rio das Velhas inclui o córrego do Mingu

Além das deliberações citadas acima, o enquadramento dos cursos d'água de algumas UPGRHs é norteado pelos Planos Diretores.

Na Bacia do rio São Francisco, as UPGRHs SF6, SF7, SF8 e SF9 possuem propostas de enquadramento aprovadas pelos comitês de bacia, concomitantemente aos Planos Diretores de Recursos Hídricos.

Para as UPGRHs DO1, DO3, DO4, DO5 e DO6, o enquadramento é abordado no Plano Integrado de Recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Doce (PIRH-Doce).

Para a porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha, das três UPGRHs, duas possuem propostas de enquadramento, com seus respectivos programas de efetivação elaborados e aprovados pelos comitês: Alto Rio Jequitinhonha (JQ1) e Médio e Baixo Rio Jequitinhonha (JQ3).

Em relação à Bacia do rio Grande, dividida em oito UPGRHs, os PDRHs do Alto Rio Grande (GD1) e Rio das Mortes (GD2) trazem propostas de enquadramento aprovadas pelos comitês.

As demais UPGRHs devem observar o artigo 37 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, que define que, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

3.3 Monitoramento e índices de qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água é o conjunto de práticas que visam o acompanhamento das alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais (ANA, 2016). As ações do monitoramento de qualidade de água incluem a coleta de dados e de amostras de água em locais definidos, em intervalos de tempo previamente estabelecidos, de modo a gerar informações que traduzem as condições presentes na água.

O monitoramento da qualidade das águas superficiais no Brasil é feita de forma dispersa e não padronizada. De acordo com ANA (2015), atualmente 18 das 27 unidades de federação possuem redes de monitoramento de qualidade de água. Algumas redes estaduais apresentam um abrangente monitoramento, com medição de diversos parâmetros e coletas frequentes, enquanto que em outras há apenas uma coleta ao ano e poucos parâmetros são monitorados.

Os estados considerados com melhor situação de monitoramento no Brasil são São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (CALAZANS, 2015).

Com o objetivo de acompanhar a tendência de evolução dos parâmetros, orientar as ações de gestão e permitir a adequada implementação dos instrumentos da PNRH, a ANA lançou em 2013 a Rede Nacional de Qualidade da Água, principal componente do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). A ANA também lançou em 2014 o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua), que consiste em uma premiação pelo atingimento de metas de monitoramento e divulgação de dados de qualidade da água no país. Em 2014, oito estados solicitaram adesão ao programa: Paraná, Minas Gerais, Paraíba, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Alagoas e São Paulo (ANA, 2015).

O IGAM desenvolve o Projeto Águas de Minas, responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Minas Gerais. O programa está em andamento desde 1997 e disponibiliza uma série histórica da qualidade das águas no Estado.

Atualmente a rede básica de monitoramento (macro-rede) conta com 553 estações de amostragem distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari. As redes dirigidas, atualmente possuem 42 estações de monitoramento. Essas redes têm objetivos específicos, tais como subsidiar as propostas de enquadramento da sub-bacia da Pampulha e acompanhar a qualidade das Águas da Cidade Administrativa de Minas Gerais (CAMG) e Parque Estadual Serra Verde (PESV) (IGAM, 2016).

As amostragens e análises laboratoriais são realizadas pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) / Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). As campanhas de amostragem são trimestrais para a maioria das estações de monitoramento, com um total anual de quatro campanhas. Para as estações localizadas nas calhas dos rios das Velhas e Doce as campanhas são mensais.

Nas campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, classificados climatologicamente como períodos de chuva e estiagem, respectivamente, são analisados 51 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem. Nas campanhas intermediárias, realizadas nos meses abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro,

considerados períodos de transição, são analisados 19 parâmetros comuns a todos os pontos, além daqueles característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta. Em alguns pontos de monitoramento são analisados ainda os parâmetros nitrogênio orgânico, densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macroinvertebrados bentônicos, sendo que para este último a frequência é anual.

O parâmetro *Escherichia coli* passou a ser avaliado em substituição aos coliformes termotolerantes, a partir da primeira campanha de 2013. Esse fato se deve a estudos recentes que demonstraram a referida espécie como sendo a única indicadora inequívoca de contaminação fecal, humana ou animal (IGAM, 2015).

Além dos dados brutos do monitoramento de qualidade da água, os órgãos ambientais utilizam índices de qualidade da água que podem ser definidos como um valor que agrega informações referente às características presentes na água. Tais índices são ferramentas para identificar e avaliar a qualidade de um determinado corpo hídrico.

De acordo com Mazzini (2008), índice é definido como:

Diz-se do nível superior de agregação de dados, obtido a partir da aplicação de um método de agregação aos indicadores, gerando um valor final. Os índices ambientais estão no topo de uma pirâmide cuja base é representada pela informação original não tratada.

De acordo com Cetesb (2016), as principais vantagens dos índices são as facilidades de comunicação com o público leigo e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única formulação. A principal desvantagem do uso dos índices refere-se à perda de informação das variáveis individuais e da sua interação. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, não substitui uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

OTT (1978) indica três tipos básicos de índices de qualidade de água: (i) aqueles elaborados a partir da opinião de especialistas (i.e., Método Delphi); (ii) índices baseados em métodos estatísticos (i.e., Análise da Matriz Correlação, Análise de Componentes Principais, Análise Fatorial, Classificação Não Paramétricos); e, (iii) Índices biológicos. Para Derísio (1992), a

variedade de usos para a água fez surgir tipos diferentes de índices que indicam a qualidade geral, usos específicos e para planejamento ambiental.

De acordo com Alves *et al* (2014), a Alemanha foi pioneira na tentativa de desenvolver um índice de qualidade de água, em 1948, correlacionando níveis de poluição e comunidades aquáticas (peixes, organismos bentônicos e plantas). Em 1965, o pesquisador alemão Horton desenvolveu um índice para programa de redução da poluição e para informação pública.

Alves *et al* (2014) realizaram levantamento da literatura científica sobre os índices de qualidade da água e verificaram que a maioria dos trabalhos utilizou a proposta do mencionado Índice de qualidade da água da *National Standard Foundation* (IQA- NSF). Quando avaliaram o local onde o estudo foi conduzido, a Índia liderou com 38% dos artigos, seguida da China (9,6%), Brasil (5,5%) e Estados Unidos (4,5%).

No Apêndice I deste trabalho apresenta-se uma compilação de diversos índices, com base no estudo feito por CPRH (2003) e Poonam *et al.* (2015). Tais índices utilizam parâmetros físico-químicos, associados a funções matemáticas, para representar a qualidade geral da água. Dentre todos os identificados, o índice de qualidade da água proposto pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment*, denominado CCME-WQI, diferencia-se dos demais por ser o mais próximo da avaliação do que se denomina “enquadramento” dos corpos d’água.

Em Minas Gerais, o IGAM utiliza três índices como indicadores de qualidade da água: (i) Índice de Qualidade da Água (IQA); (ii) Contaminação por tóxicos (CT); e (iii) Índice de Estado Trófico (IET). Os indicadores como densidade de cianobactérias e ensaios de ecotoxicidade são realizados em alguns pontos específicos da rede de monitoramento. O índice biótico *Biological Monitoring Working Party Score System* (BMWP) é avaliado na bacia hidrográfica do Rio das Velhas desde 2012.

Em consonância com os objetivos deste trabalho, apresenta-se a seguir o detalhamento da metodologia do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e do índice CCME-WQI, denominado em alguns estudos no Brasil e neste como Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE).

3.3.1 Índice de Qualidade das Águas

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi desenvolvido em 1970 pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos. O IQA envolve nove variáveis consideradas relevantes para

a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. A escolha das variáveis baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro.

A Tabela 3.3 apresenta os parâmetros que compõem o IQA com seus respectivos pesos.

Tabela 3.3—Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivos pesos

Parâmetro	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes*	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais (Resíduo Total)	0,08

*Substituído por *E. coli* a partir de 2013.

Fonte: IGAM, 2017.

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. O IGAM adota o IQA multiplicativo, que é calculado pela seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (3.1)$$

Na qual:

IQA = índice de qualidade da água

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número de 0 a 100, obtido da respectiva “curva média de variação da qualidade”, em função da sua concentração ou medida

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número de 0 a 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global da qualidade, sendo que:

No cálculo do IQA, o IGAM considera que na ausência de resultado do parâmetro oxigênio dissolvido e/ou coliformes termotolerantes/*E. coli*, o sistema não calcula o indicador. Em relação à ausência dos demais parâmetros, o sistema redefine os pesos correspondentes, de modo a ser obtido um resultado final compatível, ou seja, o peso é repartido igualmente entre os demais parâmetros.

As curvas médias de qualidade de cada parâmetro, bem como as respectivas equações que são utilizadas no cálculo do IQA estão apresentadas na Figura 3.5 a seguir. Ressalta-se que no âmbito do Projeto Águas de Minas do IGAM, para o cálculo do IQA considera-se o q_s da variação de temperatura constante e igual a 92.

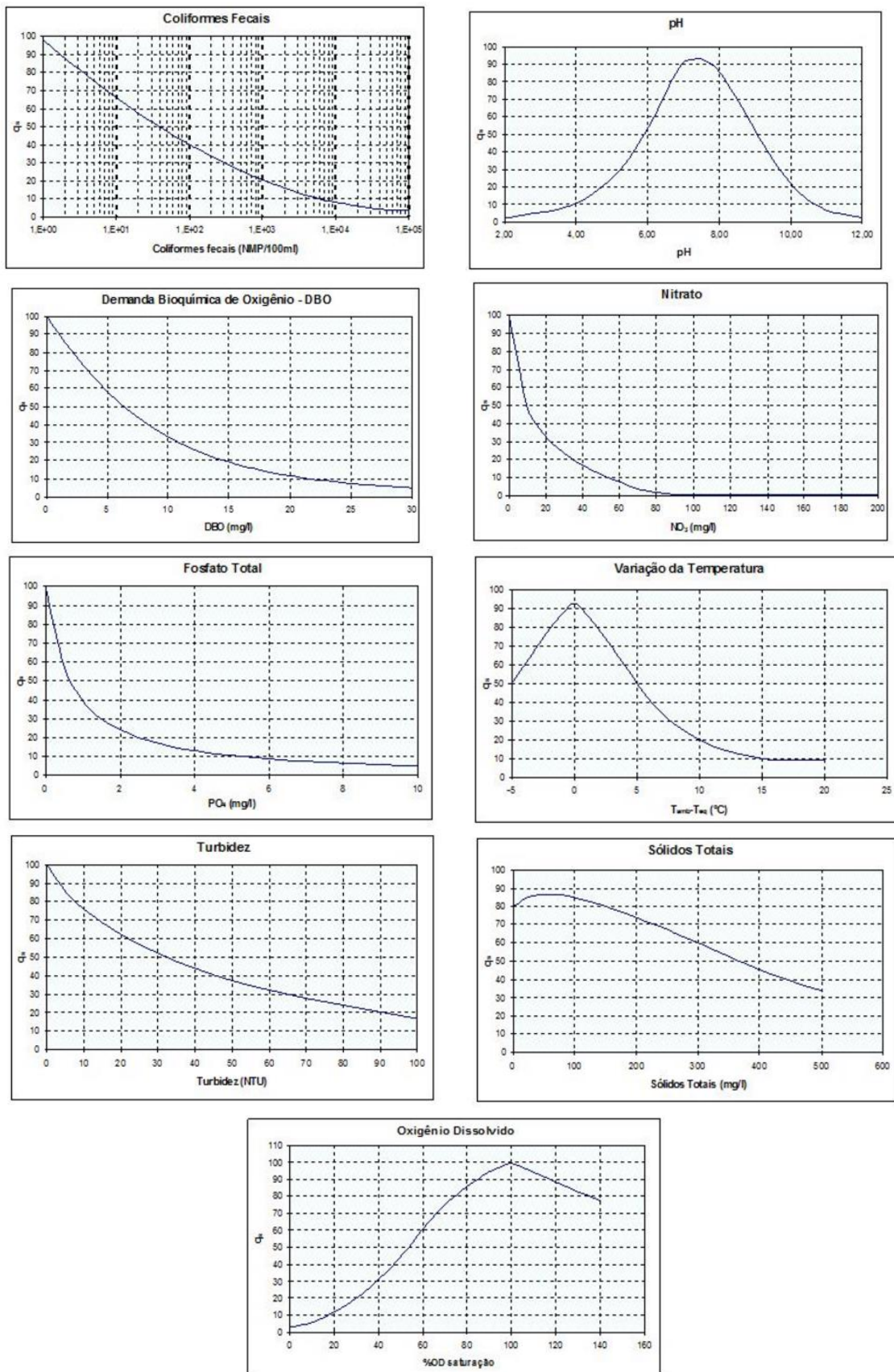


FIGURA 3.6 –Curvas do IQA

Fonte: IGAM, 2017.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme apresentado na Tabela 3.4. Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Tabela 3.4–Faixas do IQA em Minas Gerais

Valor do IQA	Classes	Significado
90<IQA≤100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
70<IQA≤90	Bom	
50<IQA≤70	Médio	
25<IQA≤50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA≤25	Muito ruim	

Fonte: IGAM,2017.

3.3.2 Índice de Conformidade ao Enquadramento

O índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) é um índice de qualidade da água desenvolvido em 1997 no Canadá pelos especialistas em recursos hídricos da Subcomissão Técnica de Qualidade da Água do Canadá, o *Canadian Council of Ministers of the Environmental* (CCME). O ICE é utilizado para indicar a condição de conformidade da qualidade da água do corpo hídrico ao enquadramento estabelecido pela legislação.

O objetivo do ICE é ser uma ferramenta para simplificar a comunicação dos dados de qualidade da água tanto para especialistas quanto para leigos. O ICE foi formulado a partir de experiências e metodologias de outros índices de qualidade utilizados no Canadá. Não se destina a substituir uma análise detalhada dos dados e condições de qualidade da água através dos métodos de avaliação convencionais, nem deve ser usado como a única ferramenta para a gestão dos recursos hídricos (CCME, 2001).

A definição do índice se baseia na comparação dos valores dos dados de monitoramento da qualidade da água com os padrões de qualidade da água instituídos pela legislação. É a combinação de três fatores que representam o não atendimento aos critérios de qualidade propostos, ou seja, representam a desconformidade ao enquadramento. Assim, o ICE é composto por três fatores:

- (i) a abrangência do impacto causado pela desconformidade;
- (ii) a frequência com que as desconformidades ocorrem;

(iii) a amplitude da desconformidade, isto é, o desvio em relação ao valor objetivo da variável de qualidade da água.

Estes fatores são combinados para criar um vetor no espaço tridimensional e cada um corresponde a um dos componentes do vetor. A Figura 3.6 mostra o modelo conceitual do índice desenvolvido para a qualidade da água.

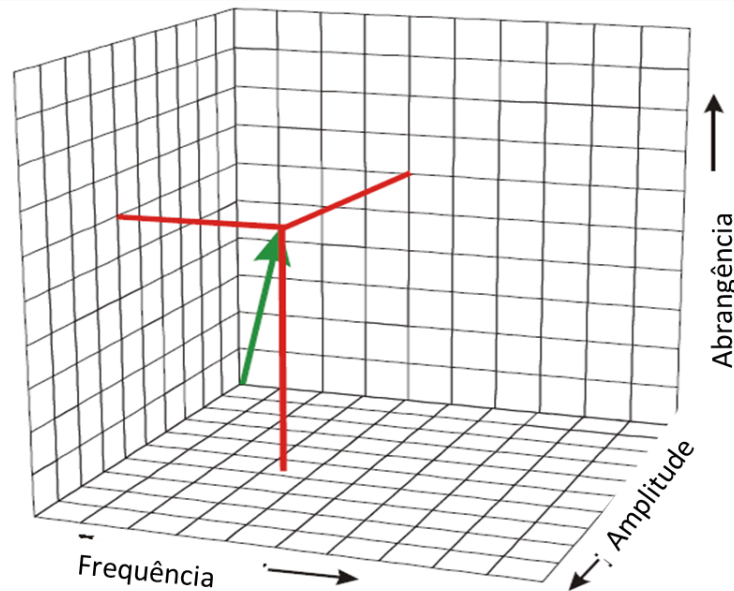


FIGURA 3.7 – Modelo conceitual do índice
Fonte: Adaptado de CCME, 2001.

O índice varia de 0 a 100, sendo que o valor perto de zero significa uma situação em que a condição do corpo hídrico está muito distante do enquadramento desejado e próximo de cem indicará situação de conformidade com o enquadramento.

A formulação do índice é apresentada a seguir:

1) Fator 1 (F_1 - Abrangência): Representa o número de variáveis de qualidade da água que violaram os limites previstos na legislação pelo menos uma vez no período de observação.

$$F_1 = \frac{\text{Número de variáveis que violaram}}{\text{Número total de variáveis analisadas}} \times 100 \quad (3.2)$$

2) Fator 2 (F2- Frequência): Representa a porcentagem de vezes que variáveis de qualidade da água estiveram em desconformidade em relação ao número de coletas realizadas no período de observação.

$$F_2 = \frac{\text{Número de testes que violaram}}{\text{Número total de testes}} \times 100 \quad (3.3)$$

3) Fator 3 (F3 - Amplitude): Representa a quantidade pela qual o valor testado violou, isto é, a diferença entre o valor observado e o valor estipulado pela legislação. O F3 é calculado em três etapas:

a) *Variação (Δv)*: número de vezes em que a concentração individual excedeu (“maior que”) ou não atingiu (“menor que”) o limite previsto na legislação

(i) Se a condição de violação é não exceder o limite, tem-se:

$$\Delta v = \frac{(\text{valor do teste que falhou})}{(\text{valor do padrão})} - 1 \quad (3.4)$$

(ii) Se a condição de violação é não ser abaixo do limite, tem-se:

$$\Delta v = \frac{(\text{Valor do padrão})}{(\text{Valor do teste que falhou})} - 1 \quad (3.5)$$

b) *Soma Normalizada das Variações (snv)*: reunião dos valores que estão em desconformidades, ou seja, soma de todas as variações individuais que não atenderam aos limites estabelecidos pela legislação, dividido pelo número total de coletas

$$snv = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta v_i}{\text{Número total de coletas}} \quad (3.6)$$

c) O Fator F_3 é então calculado como:

$$F_3 = \frac{snv}{(0,01 \times snv) + 0,01} \quad (3.7)$$

4) O ICE é então calculado a partir da seguinte equação:

$$ICE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^3 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (3.8)$$

O fator de 1,732 surge porque cada um dos três fatores do índice pode chegar até 100, conforme mostrado a seguir:

$$\sqrt{F_1^2 + F_2^3 + F_3^2} = \sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = 173,2 \quad (3.9)$$

Os resultados do índice foram divididos em cinco categorias pelo CCME, mas podem ser modificadas por critérios técnicos de acordo com os objetivos do interessado. As categorias de qualidade da água sugeridas são apresentadas da seguinte forma:

- 1) Excelente (95-100): estes valores de índice podem somente ser obtidos se todos os valores estiverem dentro dos objetivos durante todo o tempo de observação.
- 2) Bom (80–94): as condições afastam-se raramente dos níveis naturais ou desejados.
- 3) Mediano (65–79): as condições, às vezes, afastam-se dos níveis naturais ou desejados.
- 4) Marginal (45-64): as condições muitas vezes afastam-se dos níveis naturais ou desejados.
- 5) Ruim (0-44): geralmente afastam-se dos níveis naturais ou desejados.

3.3.2.1 Aplicações do ICE no Brasil

O ICE foi utilizado no Brasil em alguns trabalhos acadêmicos e por órgãos gestores dos recursos hídricos com o intuito, em geral, de verificar a sua aplicabilidade e comparar os resultados com outros índices já utilizados.

Marques *et al.* (2007) utilizaram o ICE com o objetivo de avaliar e identificar um índice que pudesse atender às necessidades tanto de avaliação da qualidade da água superficial quanto para o controle da água de abastecimento. Foram utilizadas pontuações (*scores*) para comparar os resultados do ICE com o IQA e o IGQA-Sabesp. O uso do ICE como ferramenta

para informação do atendimento aos padrões estabelecidos mostrou-se satisfatório e recomendou-se a associação de um sistema de cores às classes.

Almeida (2007) utilizou diferentes estratégias na análise da qualidade da água do Rio Cuiabá, aumentando o número de parâmetros para a aplicação do ICE em cada uma dessas estratégias, para posterior comparação ao IQA. A estratégia 1 corresponde ao cálculo do ICE, e as demais ao cálculo do IQA aumentando o número de parâmetros em 7, 9 e 11. O autor concluiu que o método proposto pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* pode ser utilizado para resolver os problemas de não uniformidade no cálculo de IQA nos programas de monitoramento e águas superficiais no Brasil.

Amaro (2009) aplicou o ICE às bacias dos rios Piracicaba/Capivari e Jundiá (PCJ), em 44 estações de monitoramento ao longo dos cursos d'água referidos. Foram estabelecidas quatro combinações de parâmetros, a saber: (i) todos os parâmetros monitorados e que possuem padrões de classificação; (ii) parâmetros mais sensíveis aos usos da água (24 no total); (iii) parâmetros gerais (cor, OD, pH e sólidos dissolvidos); (iv) parâmetros gerais + DBO + *E.coli*. Os resultados indicaram que a primeira e a segunda combinações são as que fariam o melhor papel na avaliação do atendimento ao enquadramento e que a última combinação (parâmetro gerais + DBO + *E.coli*) apresentam resultados próximos aos das duas primeiras combinações podendo ser utilizado como ferramenta, especialmente quando houve limitação econômica. A bacia do PCJ apresentou dificuldades em atendimento ao enquadramento proposto, pois a maioria dos resultados encontra-se na faixa de classificação considerada pela autora como "afastado". Os principais responsáveis são os poluentes com cargas orgânicas e os coliformes termotolerantes provenientes do esgoto doméstico.

IGAM (2010) utilizou o ICE com o objetivo de representar os fatores de pressão identificados nas bacias hidrográficas monitoradas no âmbito do Projeto Águas de Minas, ou seja, para cada bacia foram definidos parâmetros distintos de acordo com os usos. Os resultados dos parâmetros analisados em todas as estações de amostragem dos corpos de água principais foram confrontados com seus respectivos limites de classe. Foram analisadas dois períodos distintos: 2006-2007 e 2008-2009. Na comparação entre os períodos, observou-se a melhoria da qualidade de água no período recente em todos os pontos monitorados em relação ao biênio anterior, 2006/2007. No período de 2006/2007, 12 dos 16 pontos avaliados ficaram no intervalo Inaceitável, já no período de 2008/2009, esse número caiu para sete pontos. Nas

estações de monitoramento localizadas no rio das Velhas a montante da ETA/COPASA, em Bela Fama (BV139), a jusante do Ribeirão Água Suja (BV063), a montante do ribeirão Sabará (BV067), a jusante do Ribeirão Arrudas (BV083), na ponte Raul Soares (BV137) e entre os rios Paraúna e Pardo Grande (BV152) essa melhoria resultou em mudança de faixa do ICE na comparação entre os períodos. Os melhores resultados foram verificados nos pontos monitorados no rio das Velhas a montante da foz do rio Itabirito (BV013), a montante da ETA/COPASA, em Bela Fama (BV139) e a montante do ribeirão Sabará (BV067). Os piores resultados foram verificados nos pontos monitorados a jusante do rio Jaboticatubas (BV156) e na cidade de Santana do Pirapama (BV141) nos dois períodos.

ANA (2013) aplicou o ICE em estações de monitoramento em todo o Brasil, considerando os nove parâmetros de qualidade da água que compõe o IQA com os dados de monitoramento do ano de 2011. Foi possível calcular o ICE para 928 pontos localizados principalmente nos estados que apresentam, ao menos, quatro coletas ao ano. Do total de pontos analisados, 44% se encontram em condições ótimas, boas ou regulares do ICE, nas quais se considera que a qualidade da água ainda está protegida. Por outro lado, 56% dos pontos de monitoramento apresentam condições ruins ou péssimas do ICE, indicando que com frequência os padrões de qualidade estabelecidos pelo enquadramento não são atendidos.

Oliveira *et al.* (2012) avaliaram a qualidade da água subterrânea em aquífero sedimentar do Estado da Bahia utilizando o ICE e o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (IQNAS). Foram utilizados os seis parâmetros que compõe o IQNAS e foi constatada a convergência entre os dois índices.

ECOPLAN E SKILL (2015), no âmbito da atualização do Plano Diretor do Rio das Velhas, utilizaram o ICE como um dos índices para avaliar a qualidade da água na bacia. Foram utilizadas duas abordagens para a escolha dos parâmetros: (i) ICE (Sanitário+Industrial): os mesmos parâmetros (19) definidos pelo IGAM que considerou os fatores de pressão: Arsênio total, Chumbo Total, Clorofila a, Coliformes termotolerantes, Cor verdadeira, Cromo total, DBO, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Fósforo total, Manganês total, Níquel total, Nitrogênio amoniacal total, Óleos e graxas, Oxigênio dissolvido, pH, Sólidos em suspensão totais, Substâncias tensoativas e Turbidez; (ii) ICE (Industrial): parâmetros relacionados às pressões decorrentes das indústrias, sobretudo componentes tóxicos. São estes: Arsênio total, Chumbo

Total, Cor verdadeira, Cromo total, Fenóis totais, Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total, Óleos e graxas, Sólidos em suspensão totais, Substâncias tensoativas e Turbidez.

Os dados utilizados para o ICE referem-se aos períodos de 2007 a 2012 e 2004 a 2012. Tendo em vista a limitação metodológica, não foi possível efetuar o cálculo para todos os pontos. Na bacia do rio das Velhas a distribuição percentual das faixas de ICE (Sanitário+Industrial) mostrou predomínio das faixas Regular (33,6%) e Inaceitável (37,2%), conforme classificação adotada no referido Plano, enquanto que, em relação ao ICE (Industrial), 63,6% dos resultados indicaram os níveis Bom e Aceitável. A análise sazonal indicou pior condição na época de chuvas, nas duas abordagens consideradas para o cálculo do ICE (ECOPLAN E SKILL, 2015).

3.3.2.2 Aplicações do ICE no Mundo

Lumb et al. (2006) utilizaram o Índice de Qualidade da Água do CCME para monitorar as mudanças na qualidade da água da sub-bacia Great Bear do rio Mackenzie, no Canadá. Foram realizadas análises em cinco locais da sub-bacia, sendo esta a maior da bacia do rio Mackenzie. Para o estudo foram empregados dois modos das funções objetivas, a saber: (i) uma baseada nas diretrizes de qualidade da água do CCME para as diferentes classificações do uso da água; (ii) outra baseada em valores específicos do local que foram determinados pela análise estatística da base de dados históricos. Os resultados indicam baixos valores de ICE para os cinco locais de amostragem. Esse fato foi atribuído a um alto nível de metais. A sub-bacia Great Bear é impactada por alta turbidez, cor e sólidos totais (principalmente particulados), devido a elevada carga de sedimentos em suspensão. Percebeu-se que as variáveis físicas da qualidade da água (turbidez, cor, sólidos) e metais totais (principalmente partículas) estão reduzindo os valores do ICE significativamente para alguns locais.

Mostafaei (2014) aplicou o ICE no rio Kashkan, localizado no oeste do Irã em 10 estações de monitoramento ao longo dos cursos d'água, com um período de análise de 36 anos. Para o estudo foram empregados dez variáveis, constituídas de pH, condutividade elétrica e os principais íons presentes na água. Os resultados indicam que o rio Kashkan apresentou um decaimento na qualidade de água em todas as estações estudadas, com valores maiores a montante, sendo comprovado pelo uso do método de ajuste linear de mínimos quadrados. Esse fato pode estar relacionado a erosões por afluição tributária, uso da terra e densidade populacional. O valor médio do período e o valor da média dos últimos 10 anos indicam um

decaimento na classificação de “boa” para “mediano”. Essa mudança pode ter sido causada pela seca ou mudança no uso da terra. Apesar desse decaimento recente, o valor médio indica que a água do rio Kashkan é de qualidade para consumo geral.

Mercier et al. (2004) aplicou o ICE na Província Atlântica no Canadá. Foram selecionados vinte corpos de d'água na Província Atlântica. Estes foram selecionados em quatro regiões do Canadá: Newfoundland e Labrador; New Brunswick; Prince Edward Island; e Nova Scotia. O estudo foi realizado para examinar as condições da Província Atlântica afetadas pela atividade humana, sendo a qualidade avaliada para a proteção dos usos da vida aquática em todas as províncias. O estudo utilizou as diretrizes provinciais de qualidade da água para o cálculo do WQI. Quando não estavam disponíveis, foram utilizadas as diretrizes nacionais do CCME. Os resultados indicam que a qualidade da água tende a ser classificada como boa ou mediana para a proteção da vida aquática nos corpos selecionados. Um corpo hídrico se encontra na classificação excelente, oito como bons, onze medianos e cinco marginais.

4 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS

O Rio das Velhas tem sua nascente principal na cachoeira das Andorinhas, no município de Ouro Preto/Minas Gerais, em uma altitude aproximada de 1.500m. Percorre uma distância de 806,84km até sua foz no rio São Francisco, em barra do Guaicuí, distrito de Várzea da Palma, em uma altitude de 478 m.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (BHRV) compreende uma área de 27.850 km² e está localizada na região central do estado de Minas Gerais. Apresenta uma forma alongada e orientada de sudeste para noroeste – reflexo do sentido de fluxo na calha de seu rio principal homônimo. No âmbito da caracterização biótica, a bacia possui fitofisionomias de dois principais biomas brasileiros: Cerrado e Mata Atlântica.

A BHRV apresenta significativa densidade de drenagem que alimenta o rio das Velhas em todo o seu percurso, com destaque para os seus principais afluentes: rio Bicudo, ribeirão Jequitibá, Ribeirão da Mata, ribeirão Arrudas, Ribeirão do Onça e rio Itabirito (pela margem esquerda); e rio Curimataí, rio Pardo, rio Paraúna/Cipó, rio Taquaraçu e ribeirão Caeté/Sabará (pela margem direita).

Em função de sua extensão e localização na região central mineira, a BHRV apresenta características físicas, urbanas e socioeconômicas distintas. A diversidade do quadro físico da BHRV permite e até impulsiona diversificados tipos de uso e ocupação do solo para cada formação geológica e geomorfológica, com destaque para áreas agrícolas, áreas industriais, reservas naturais ou unidades de conservação, atividades minerárias, aglomerados urbanos, áreas de pesca e turísticas.

Durante o seu percurso, o Rio das Velhas e seus afluentes drenam áreas de 51 municípios dos quais 44 têm suas sedes urbanas inseridas na bacia. Destaca-se a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), na porção sul ou alto Rio das Velhas, como importante núcleo urbano e populacional da bacia. Dos 31 municípios que compõem a RMBH, 22 estão inseridos na BHRV.

A BHRV corresponde à Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos São Francisco 5 (UPGRH-SF5). Apresenta como bacias hidrográficas vizinhas a UPGRH SF3 (Rio Paraopeba) a sudoeste; a UPGRH SF4 (Entorno da represa de Três Marias) a oeste e

UPGRH SF6 (Rios Jequitai e Pacuí) ao norte, todas pertencentes à bacia do rio São Francisco; a UPGRH JQ1 (Alto rio Jequitinhonha) a nordeste; e a bacia do Rio Doce (UPGRHs DO1 - Rio Piranga, DO2 - Rio Piracicaba e DO3 - Rio Santo Antônio) ao sul e sudeste.

A Figura 4.1 apresenta a bacia do Rio das Velhas no contexto das demais UPGRH.

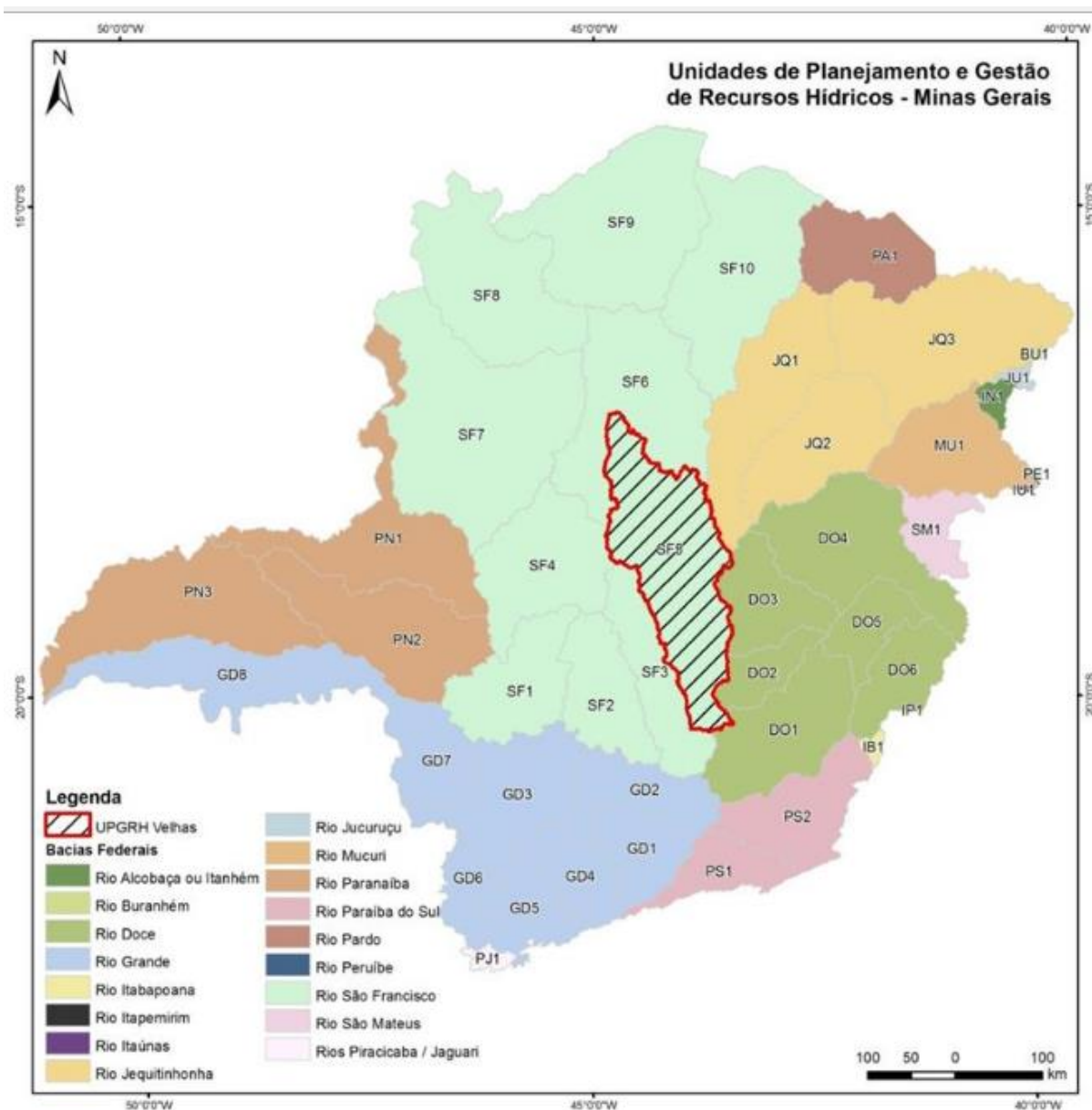


FIGURA 4.1 – Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais. Fonte: ECOPLAN e SKILL (2015).

A BHRV conta com um Comitê de Bacia Hidrográfica, o CBH Rio das Velhas, que foi criado em 1998. O CBH Rio das Velhas é composto, atualmente, de 28 de membros, sendo sua

estruturação paritária entre Poder Público Estadual, Poder Público Municipal, Usuários de recursos hídricos e Sociedade Civil Organizada (CBH VELHAS, 2016).

Atualmente, existem 14 Subcomitês de Bacia Hidrográfica (SCBH) de cursos d'água afluentes ao Rio das Velhas, o que caracteriza um processo de gestão das águas da bacia bastante descentralizado e participativo.

A Bacia do Rio das Velhas é objeto de atuação do Projeto Manuelzão, criado em 1997 por iniciativa de professores da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais. O projeto teve como missão inicial a busca por melhorias nas condições ambientais para promover qualidade de vida e, atualmente, seu escopo foi ampliado para promoção de pesquisa e cultura (MANUELZÃO, 2015).

No contexto de gestão interna, a bacia do Rio das Velhas é subdividida em 23 regiões de planejamento e gestão de recursos hídricos, denominadas de Unidades Territoriais Estratégicas (UTES) definidas pela Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01/2012 (PDRH RIO DAS VELHAS, 2015). A divisão histórica da bacia em alto, médio e baixo rio das Velhas foi ajustada, de maneira que cada nova região formasse um agrupamento de UTES com características semelhantes. Assim, foram definidas quatro macroregiões de planejamento: (i) Alto, compreendendo sete UTES; (ii) Médio Alto, com seis UTES; (iii) Médio Baixo, com sete UTES e (iv) Baixo, com três UTES. A região intermediária, denominada Médio Rio das Velhas, foi subdividida devido a sua grande extensão e diversidade (ECOPLAN E SKILL, 2015).

A Tabela 4.1 apresenta uma breve descrição de cada compartimentação da BHRV.

Tabela 4 1- Regiões da bacia do rio das Velhas, descrição e principais características

Região	Descrição	Principais características
Alto	Composta por 10 municípios e com área total de 2.740 km ² (9,8% da bacia), o Alto rio das Velhas compreende toda a região denominada Quadrilátero Ferrífero, tendo o Município de Ouro Preto como o limite ao sul e os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Sabará como limite ao norte.	Apresenta maior contingente populacional, com uma expressiva atividade econômica, concentrada, principalmente, na RMBH. Nessa região encontra-se o sistema de abastecimento integrado Rio das Velhas (abastece 74% da cidade de Belo Horizonte, além das cidades de Raposos, Nova Lima, Sabará e Santa Luzia). Os principais agentes poluidores são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias.
Médio Alto	A área de drenagem corresponde a 15,4% da Bacia, e compreende 20 municípios.	Esta região possui características diferenciadas em relação ao uso e ocupação do solo do Alto rio das Velhas, apresentando uma menor concentração populacional, com o predomínio das atividades agrícolas e pecuárias
Médio Baixo	Representa a maior porção dentro da bacia do rio das Velhas (43,8% - 12.204 km ²), e 23 municípios inseridos total ou parcialmente.	
Baixo	Composta por oito municípios e representa o segundo maior grupo (31% - 8.630,07 km ²).	O aspecto diferenciado desta região é que nenhum dos municípios tem 100% do território inserido na bacia. Baixa concentração populacional com predomínio das atividades agrícolas e pecuárias

Fonte: Adaptado de Calazans, 2015 e ECOPLAN E SKILL, 2015

4.1 Aspectos socioeconômicos

4.1.1. Histórico de ocupação

A ocupação inicial da BHRV ocorreu na porção norte da RMBH, há aproximadamente doze mil anos, por pequenos grupos de pessoas que se fixaram, principalmente, na planície de grutas calcárias do trecho médio do rio das Velhas. Atualmente, parte dos municípios de Pedro Leopoldo e de Lagoa Santa representa importância arqueológica em função da descoberta de um fóssil humano mais antigo das Américas – mulher com face negroide, que possivelmente se aproxima das tribos africanas ou aborígenes da Austrália, conhecido pelo nome de Luzia.

Outra forma de ocupação na bacia, a indígena, merece destaque, sendo a mais significativa àquela pertencente ao tronco Jê, em sua maioria nômade e seminômade. Os principais povos

foram os Abaetés, Caiapós, Cataguás, Goianás, Guarachués, Cariris e outros (ECOPLAN E SKILL, 2015).

A ocupação da bacia pelo homem branco ocorreu nos sertões (centro oeste do estado mineiro) e nas minas (centro leste) No primeiro, a partir das expedições de desbravamento por grupos provenientes da Bahia, Pernambuco e Espírito Santo. No entanto, o povoamento se deu com a chegada dos bandeirantes, oriundos de São Paulo.

A descoberta do ouro e do diamante em Minas Gerais resultou num intenso povoamento daquela região (Sabará, Ouro Preto e Diamantina, no século XVIII) e na fundação de cidades que hoje compõem o território da bacia hidrográfica do rio das Velhas (ECOPLAN E SKILL, 2015). Durante o período aurífero (e colonial) nesta região da BHRV, é importante mencionar dois episódios de conflitos históricos: a Guerra dos Emboabas, entre 1707 e 1709, e a Revolução Liberal de 1842.

Apesar dos conflitos ocorridos, a região continuava a se expandir e ocorreram melhorias em termos de infraestrutura, como o calçamento de trilhas e construções de vias de tráfegos, dentre elas a Estrada Real do Mato Dentro que ligava Ouro Preto e Diamantina e a Estrada Real do Sertão, que se manteve com intenso tráfego por mais de dois séculos (ECOPLAN E SKILL, 2015).

Entre os séculos XIX e XX, surgiram novas cidades, dando fim aos antigos povoados. Na parte alta do rio das Velhas, por exemplo, surgiu Itabirito. Do desmembramento de parte do território de Sabará e Raposos, surgiu Nova Lima. No médio rio das Velhas surgiram as cidades de Lagoa Santa, Jaboticatubas e Santana do Riacho (Riacho Fundo) que antes pertencia a Santa Luzia. No baixo Rio das Velhas, da cidade de Curvelo surgiu Santana de Pirapama (Traíras), Cordisburgo, Corinto (Curralinho), Lassance e Várzea da Palma. Atualmente a bacia do Rio das Velhas é composta de 51 cidades e significativa densidade populacional (ECOPLAN E SKILL, 2015).

4.1.2. População e Atividades Econômicas

A capital Belo Horizonte concentrava, em 2010, 49,0% da população do conjunto dos municípios da bacia (2.375.151 hab.). O segundo município em porte populacional na bacia é Contagem, com pouco mais de 600 mil habitantes (12,5%); o terceiro é Ribeirão das Neves

com mais de 296 mil (6,1%). Somente outros quatro municípios ultrapassaram a marca dos 100 mil habitantes, quais sejam: Sete Lagoas (214.152 hab.), Santa Luzia (202.942 hab.), Sabará (126.269 hab.) e Vespasiano (104.527 hab.) (ECOPLAN E SKILL, 2015).

No contexto regional, a participação do conjunto dos municípios da bacia é significativa, pois corresponde a 24,7% da população do estado de Minas Gerais, principalmente em termos de população urbana (28,1%) (ECOPLAN E SKILL, 2015). No que se refere à população por domicílio, em 2010, havia 97% do total de habitantes da bacia residindo em área urbana e, portanto, apenas 3% do total em área rural (145.158 habitantes).

Conforme mapeamento de uso e ocupação do solo realizado por ECOPLAN e SKILL (2015), da área total da bacia, 52,75% são compostas por áreas antropizadas, destacando-se o uso agropecuário que cobre 43,87% da área. No cenário natural, tem-se Vegetação Arbustiva (37,27%) e Vegetação Arbórea (7,87%). As demais classes apresentam poucas áreas no contexto geral da bacia. A Tabela 4.2 apresenta a relação espacial-areal (km²) entre o uso do solo da BHRV por atividades antrópicas e o cenário natural (uso natural).

Tabela 4 2– Área (km²) das classes de uso segundo as regiões que compõem a bacia

Classe de	Alto	Médio Alto	Médio	Baixo	Total Geral
Uso/Região				Baixo	
Antrópico	753,32	2.240,31	6.885,95	4.810,88	14.690,46
Agropecuária	207,20	1.785,71	6.277,68	3.946,44	12.217,03
Área Irrigada	0,00	16,66	12,72	44,38	73,76
Área Urbana	451,09	306,14	40,01	16,21	813,45
Mineração	45,28	11,18	0,00	0,01	56,47
Queimada	16,73	72,27	210,43	403,31	702,73
Silvicultura	33,02	48,35	345,12	400,54	827,03
Natural	1.986,43	2.035,71	5.318,21	3.819,19	13.159,54
Afloramento	15,70	46,68	326,93	85,68	474,99
Hidrografia	11,75	19,01	54,53	29,17	114,46
Vegetação arbórea	727,33	621,97	517,20	324,21	2.190,71
Vegetação arbustiva	1.231,65	1.348,05	4.419,55	3.380,13	10.379,38
Bacia do rio das Velhas	2.739,75	4.276,02	12.204,17	8.630,07	27.850,01

Fonte: Consórcio Ecoplan/Skill(2015).

Em relação ao tipo de predominância econômica dos municípios, a bacia hidrográfica registrou um perfil muito diversificado, com participação importante do setor industrial e, por outro lado, o agropecuário. O principal setor predominante é o de serviços, presente em 19

municípios, seguido pela indústria em 18 municípios e pelo setor agropecuário, predominante em 13 municípios da bacia (ECOPLAN E SKILL, 2015).

4.1.3. Saneamento e Saúde Pública

De acordo com o diagnóstico de atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos da BHRV, dos 51 municípios que compõem a bacia, 13 não possuíam planos de saneamento aprovado e nem mesmo em fase de elaboração.

Quanto ao atendimento por serviço de abastecimento de água, com base em dados do ano de 2010, o município de Monjolos, situado na UTE Rio Pardo, apresenta o pior índice de cobertura, 66,80%. O segundo pior índice de atendimento de água é do município de Jaboticatubas com sede na UTE Jabo/Baldim, 78,40%. Dos 51 municípios integrantes da bacia, 44 municípios possuem sedes localizadas na bacia e, destes, 35 apresentaram níveis elevados de atendimento variando de 98% a 100%, podendo-se, portanto, considerar como atingida a universalização do abastecimento de água nesses municípios. Os demais municípios com sede na bacia apresentam índices de atendimento superiores à 82% (ECOPLAN E SKILL, 2015). A grande maioria dos municípios possui captação superficial e poços. A água superficial captada passa por tratamento em ETA convencional e a água subterrânea captada passa por desinfecção e fluoretação na maioria dos municípios (ECOPLAN E SKILL, 2015).

Quanto ao serviço de esgotamento sanitário, os mesmos municípios que não informaram dados sobre o abastecimento de água ao Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2010, também não informaram dados sobre o esgotamento sanitário: Datas, Lassance, Presidente Kubitschek, Prudente de Moraes, Rio Acima e Santana do Pirapama.

Dos 38 municípios da bacia que declararam dados ao SNIS naquele ano, 16 não possuem coleta e nem tratamento de esgoto: Araçáí, Augusto de Lima, Baldim, Buenópolis, Capim Branco, Confins, Congonhas do Norte, Inimutaba, Jaboticatubas, Jequitibá, Monjolos, Nova União, Presidente Juscelino, Santana do Riacho, Santo Hipólito e Taquaraçu de Minas (ECOPLAN E SKILL, 2015).

Conforme diagnóstico de atualização do Plano Diretor da BHRV, com base em dados do ano de 2010, dos 51 municípios integrantes da bacia, 29 deles apresentaram Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em operação e/ou em fase de ampliação.

Na bacia do Rio das Velhas os índices de atendimento de coleta variam significativamente. A grande maioria dos municípios não tem coleta ou apresenta um indicador baixíssimo. Nova Lima, Várzea da Palma e Vespasiano com 100% de tratamento do esgoto coletado são os melhores. Estes indicadores devem ser analisados com cautela, porque a maioria dos municípios não dispõe de cadastro e praticamente em todos eles as redes são muito antigas e misturadas com redes de águas pluviais (ECOPLAN E SKILL, 2015). A Figura 4.2 apresenta os índices de tratamento do esgoto coletado nos municípios atendidos por serviço de coleta e tratamento de esgoto.

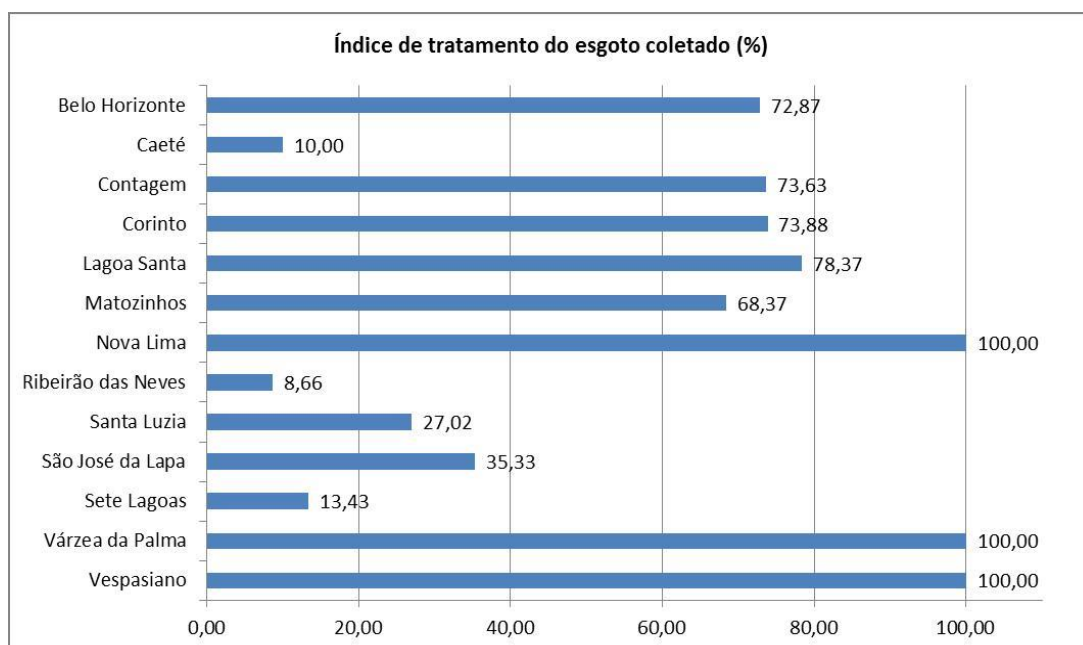


Figura 4.2: Percentual de tratamento de serviços de esgotamento sanitário nos municípios com coleta e tratamento de esgoto da bacia do rio das Velhas
Fonte: Consórcio ECOPLAN/SKILL (2015)

Destaca-se que, de acordo com as informações da Figura 5.2, o índice de tratamento de esgoto coletado da capital mineira não atingiu 100%.

Quanto à questão dos resíduos sólidos urbanos, para a gestão dos recursos hídricos, o aspecto mais importante do manejo destes resíduos é a destinação final.

O lixão é a destinação final de resíduos sólidos que predomina na bacia do rio das Velhas, sendo evidenciado em 33% (14 municípios) do total de municípios com sede na bacia do rio das Velhas. O aterro controlado representa o segundo maior destino dos resíduos sólidos na bacia, ocorrendo em 29% (12 municípios) do total de municípios. Belo Horizonte, Buenópolis, Caeté, Contagem, Itabirito, Lagoa Santa, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Rio Acima, Sabará são os únicos municípios com aterro sanitário regularizados, correspondendo 26% do total de municípios com sede na bacia (ECOPLAN E SKILL, 2015).

O saneamento básico constitui um dos mais importantes meios de prevenção de doenças, dentre todas as atividades de saúde pública. Dentre as doenças relacionadas à falta de saneamento básico, existem aquelas intimamente relacionadas à gestão de recursos hídricos. O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos e sua disposição irregular também afetam diretamente a saúde da população, uma vez que os mesmos são grandes veiculadores de insetos, aves e roedores causadores de doenças.

Quanto às doenças relacionadas à falta de saneamento na bacia do rio das Velhas, os registros disponíveis no Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da Saúde (SINAN-MS) referem-se às seguintes: esquistossomose, febre tifoide, hepatite e leptospirose.

4.1.4. Usos e Demandas de Água

Em relação aos Usos e Demandas por Água, os resultados do diagnóstico de atualização do PDRH da BHRV (ECOPLAN E SKILL, 2015) apontaram que o consumo humano e a irrigação são os principais segmentos responsáveis pelo consumo de água na bacia e que a maior retirada de água ocorre no Rio das Velhas, manancial que abastece a RMBH através do Sistema Integrado Rio das Velhas. O Turismo e Recreação, Pesca, Navegação, Geração de Energia e Preservação Ambiental formam as categorias mais relevantes dentre os usos não consuntivos.

Não se verifica a ocorrência de conflitos pelo uso da água na bacia, exceto por alguns casos temporários e isolados. Por exemplo, há registro de interrupção de captação para o abastecimento urbano em virtude de retiradas significativas para fins de irrigação, ou de inadequação para uso devido à piora da qualidade da água por lançamentos domésticos e industriais. Entretanto, de acordo com o Comitê e com o Termo de Referência que orienta a elaboração do PDRH Rio das Velhas, estes registros, nos últimos anos, tem sido raros e

pontuais, e nunca localizados na calha do Rio das Velhas, mas sim nos seus afluentes. Tais situações, quando ocorrem, envolvem produtores rurais (irrigantes) e os responsáveis pelo abastecimento e esgotamento sanitário (SAAE/COPASA), tendo ocorrido a paralisação, temporária da captação para as cidades de Caeté e Corinto.

4.2 Enquadramento da bacia do Rio das Velhas

Conforme a Deliberação Normativa COPAM nº 20/1997, que dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas, 20,4 km (2,52%) de rios da bacia do rio das Velhas estão enquadrados em Classe Especial, 30,4 km (3,76%) estão enquadrado como Classe 1, 637,7 km (79,04%) pertencem à Classe 2 e, 118,4 km (14,67%) estão enquadrado em Classe 3. A Deliberação Normativa nº 05/2004 do CBH Rio das Velhas, apresenta proposta de reenquadramento, na classe 2, dos corpos d'água enquadrados em Classe 3, contudo, essa proposta de reenquadramento ainda não foi aprovada.

Conforme indicado no programa Meta 2010, “independente da classificação dos trechos do Rio das Velhas, fruto de seu enquadramento, entende-se que para o cumprimento dos requisitos de balneabilidade devem ser cumpridos os padrões estabelecidos para tal finalidade”. Este programa teve prazo prorrogado para atingir os objetivos e, assim, o programa Meta 2014 apontou que “é necessário um novo Plano Diretor do Rio das Velhas e a pactuação de um novo projeto de desenvolvimento humano e econômico compatível com um rio classe 2”.

Ressalta-se que o enquadramento vigente possui proposta de revisão e de alteração indicadas no Diagnóstico de atualização do PDRH da BHRV, realizado por ECOPLAN E SKILL (2015). Os estudos deste diagnóstico do Plano apontam incompatibilidades entre as condições atuais de qualidade das águas dos cursos d'água e os usos preponderantes da bacia.

4.3 Qualidade das águas superficiais

Atualmente, a rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do Rio das Velhas conta com 127 estações. Dessas, 82 compõem a rede básica de monitoramento e 45 a rede dirigida. Da rede dirigida, 38 formam a rede de monitoramento da bacia da Pampulha e sete a de monitoramento da condicionante ambiental da Cidade Administrativa de Minas Gerais (IGAM, 2014).

Quanto à qualidade das águas, os principais problemas da bacia ocorrem nos cursos d'água da RMBH (sub-bacias dos ribeirões Arrudas e do Onça), na sub-bacia do ribeirão Jequitibá, no trecho que corta a cidade de Sete Lagoas, e na sub-bacia do ribeirão da Mata, que cruza as cidades de Vespasiano e Pedro Leopoldo. Algumas estações de amostragem na região do Quadrilátero Ferrífero demonstram concentração elevada de metais (cobre, manganês e níquel) e sólidos em suspensão nos cursos d'água, o que levam a crer que a característica natural do solo associada à principal atividade econômica naquela região (mineração) influencia diretamente a qualidade das águas.

Ao atravessar a RMBH, o Rio das Velhas recebe uma grande quantidade de efluentes domésticos e industriais, além de resíduos sólidos. O fator de pressão sobre os recursos hídricos nessa região é a urbanização. Na região do baixo Rio das Velhas, além do somatório de todos os efluentes adquiridos a montante, também são adicionados efluentes gerados pela atividade agropecuária, que é mais abrangente nessa região.

A análise dos resultados de monitoramento realizada no âmbito do diagnóstico da atualização do Plano Diretor, nos períodos de 2007 a 2012, mostra o comprometimento microbiológico das águas do Rio das Velhas. Verifica-se aumento de contagens das não conformidades de coliformes termotolerantes em relação aos padrões das classes de enquadramento, de 64,2% (1997 a 2003) para 71,4% (2004 a 2012), assim como das violações das concentrações de fósforo total, igual a 55,8% no período recente, indicando, sobretudo, a presença de esgotos domésticos nas águas do Rio das Velhas somada à contribuição da agropecuária. Por outro lado, houve expressiva redução nos percentuais de não atendimento de DBO, de 33,6% para 12,8%, respectivamente, entre 1997 e 2003 e 2004 e 2012, evidenciando a diminuição da carga orgânica remanescente, provavelmente associada à ampliação dos sistemas de tratamento de esgotos. Corroborando essa possibilidade, foi verificado pequeno decréscimo no tempo dos percentuais de Substâncias tensoativas e Oxigênio dissolvido e também de Nitrogênio amoniacal total.

Em relação à avaliação dos resultados de IQA em toda a bacia, observou-se discreta melhora na qualidade das águas ao longo dos anos, sobressaindo-se a redução do percentual do nível Muito Ruim de 10% para 3,9% e o aumento do IQA Médio de 31,2% para 38,2%, respectivamente, entre 1997 e 2003 e 2004 e 2012, para o conjunto de pontos de monitoramento da bacia (ECOPLAN E SKILL, 2015).

Por outro lado, estudo realizado por Trindade (2013) aplicou técnicas estatísticas para avaliação da qualidade da água da bacia do Rio São Francisco, indicando que a sub-bacia do Rio das Velhas apresenta valores significativamente maiores que as demais UPGRHs para os parâmetros Arsênio Total (relacionado com a presença do metal nos solos da sub-bacia e com as atividades minerárias), DBO, Fósforo Total, Manganês Total, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal Total (relacionados com poluição orgânica e efluentes industriais). As fontes de arsênio na sub-bacia do Rio das Velhas concentram-se em seu alto curso, região cuja importância econômica advém das explorações de minério de ferro, ouro e gemas.

De acordo com Trindade (2013), os dados de monitoramento de algumas estações da bacia do Rio das Velhas apresentam tendência de elevação da concentração ao longo do tempo para Arsênio Total, Coliformes Termotolerantes e Nitrato.

Em relação à localização, ou seja, avaliação temporal dos dados de monitoramento, o estudo aponta que o Oxigênio Dissolvido apresentou possibilidade de elevação nas estações próximas à RMBH, o que indica uma tendência de importância ambiental por mostrar uma recuperação da qualidade da água nesses trechos do Rio das Velhas. Já para o Nitrato, houve tendências de elevação desse parâmetro ao longo de toda a sub-bacia, com aumento significativo concentrado no Alto Rio das Velhas. O Arsênio apresentou mudanças ao longo de toda sub-bacia, mas não há um padrão evidente, com estações apresentando elevação e outras redução das concentrações desse parâmetro (TRINDADE, 2013).

No geral, os resultados de Trindade (2013) indicam que a maioria dos cursos d'água da sub-bacia do Rio das Velhas apresentou concentrações estáveis dos parâmetros ao longo do período estudado, com maiores alterações associadas a Coliformes, DBO e Nitrato. O aumento de Coliformes e Nitrato ao longo de toda a sub-bacia demonstra uma degradação da qualidade da água, principalmente relacionada ao lançamento de esgotos domésticos, o que merece uma atenção dos órgãos governamentais para ações de manejo (TRINDADE, 2013).

5 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada e a abordagem do problema foi feita de forma qualitativa. Do ponto de vista dos objetivos, esta pesquisa é exploratória e descritiva.

Os procedimentos técnicos utilizados foram: (i) pesquisa bibliográfica, baseada na literatura já publicada em forma de livros, artigos de periódicos, impressos e digitais; (ii) levantamento de dados de monitoramento da qualidade da água disponibilizados pelos órgãos ambientais; e (iii) cálculo do Índice de Conformidade do Enquadramento (ICE) utilizando o programa MS Excel®.

A abrangência desta pesquisa foram as estações de monitoramento existentes na calha do Rio das Velhas que são geridas pelo IGAM.

A seguir, apresenta-se o detalhamento das etapas referente ao cálculo do ICE:

Etapa 1: Seleção dos parâmetros, das estações de monitoramento e do período de análise.

A metodologia do ICE não define os parâmetros a serem utilizados no cálculo e estabelece a necessidade do mínimo de quatro variáveis e mínimo de quatro dados de monitoramento no período em análise.

A escolha das estações de monitoramento, o período de análise e os parâmetros para compor um índice de qualidade dependem da finalidade da informação que se pretende e das características do corpo hídrico em estudo, além da disponibilidade de dados de monitoramento.

A análise de violação aos limites preconizados pela legislação permite identificar as interferências do uso do solo na bacia e indicar as fontes de poluição e, conseqüentemente, alertar para os parâmetros mais críticos em relação ao não atendimento aos padrões do enquadramento vigente. Assim, para esta escolha tomou como base os seguintes critérios:

- (i) Análise dos dados de frequência de violação de cada parâmetro em relação ao total de amostras que não atenderam aos padrões do enquadramento disponibilizados pelo IGAM;

(ii) Disponibilidade de dados de monitoramento, sendo necessário o mínimo de quatro dados por estação por ano;

(iii) Representatividade das estações espacialmente na calha do Rio das Velhas.

Como o monitoramento com frequência mensal em algumas estações da calha do Rio das Velhas foi iniciado no segundo semestre de 2008, optou-se por definir o período de monitoramento de 2009 a 2015 na tentativa de se obter a maior disponibilidade de dados. Foram avaliados os dados de 24 estações localizadas na calha do Rio das Velhas.

No período analisado, 2009 a 2015, observou-se que dos onze parâmetros com maior percentual de violação das amostras avaliadas pelo IGAM em 2013, 2014 e 2015 que não atenderam aos padrões (FIG 7.1), o alumínio dissolvido e o sulfeto não possuem dados suficientes em praticamente todas as estações de monitoramento na calha do Rio das Velhas.

A Figura 5.1 apresenta os percentuais de cada parâmetro nas amostras violadas disponibilizados pelo IGAM.

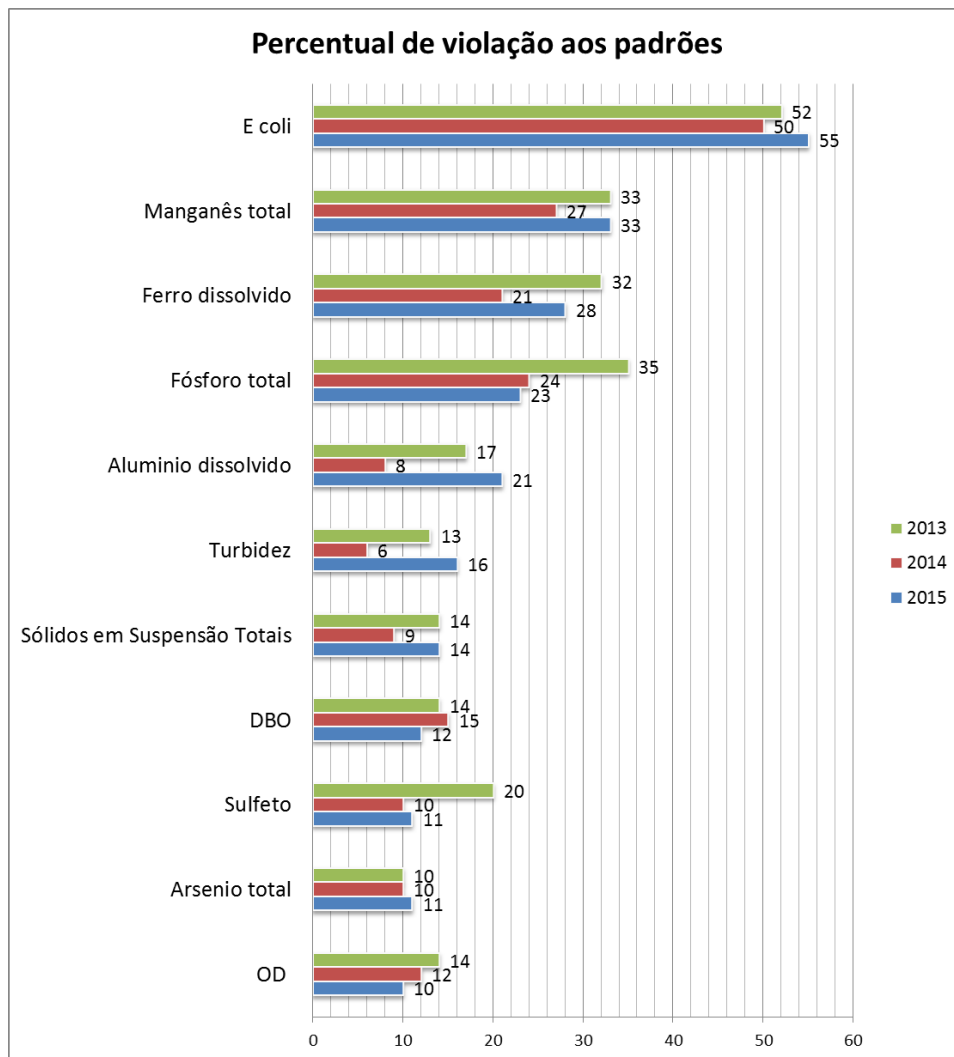


FIGURA 5.1 –Percentual de violação ao enquadramento em Minas Gerais, nos anos de 2013, 2014 e 2015

Fonte: Adaptado de IGAM, 2015.

Assim, para este trabalho foram selecionados nove parâmetros para composição do ICE: i) demanda bioquímica de oxigênio (DBO), (ii) *E. coli* (substituído por coliformes termotolerantes nos anos anteriores a 2013), (iii) ferro dissolvido, (iv) fósforo total, (v) mangânes total, (vi) oxigênio dissolvido (OD); (vii) turbidez; (viii) arsênio total; (xix) sólidos em suspensão totais.

Ao considerar os principais parâmetros que violaram os padrões no estado de Minas Gerais para compor o ICE para a calha do Rio das Velhas, há uma tendência em calcular um índice mais conservador.

Conforme apresentado na Tabela 5.1, os parâmetros selecionados, além de existirem de forma natural, podem ser característicos das principais fontes de pressão sobre a bacia: aglomerados urbanos, mineração e agricultura/pecuária.

Tabela 5.1 -Parâmetros de Qualidade da Água selecionados para o ICE

Parâmetro	Fontes de Aporte
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Lançamento de efluentes domésticos e industriais
<i>E. coli</i> /coliformes termotolerantes	Lançamento de efluentes domésticos e percolação de fossas
Ferro dissolvido	Lançamento de efluentes industriais e lixiviação de solos urbanos
Fósforo total	Lançamento de efluentes industriais e lixiviação de solos agricultáveis e vias urbanas
Manganês total	Lançamento de efluentes industriais e lixiviação de solos urbanos
Oxigênio dissolvido (OD)	Caracteriza os efeitos da poluição por despejos orgânicos
Turbidez	Lançamento de efluentes domésticos e industriais e lixiviação de solos urbanos
Arsênio total	Lançamento de efluentes industriais e lixiviação de solos urbanos
Sólidos em suspensão totais	Lançamento de efluentes domésticos e industriais e lixiviação de solos urbanos

Fonte: Adaptado de Libânio, 2016.

A Tabela 5.2 apresenta os limites estabelecidos na legislação para os parâmetros escolhidos.

Tabela 5.2– Padrões para classificação de cursos d'água superficiais

PARÂMETROS	Especial		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
	CONAMA 357/2005	COPAM/CERH 01/2008	CONAMA 357/2005	COPAM/CERH 01/2008	CONAMA 357/2005	COPAM/CERH 01/2008	CONAMA 357/2005	COPAM/CERH 01/2008
DBO (mg/l)	Condição natural	Condição natural	3	3	5	5	10	10
E coli ⁽¹⁾	Condição natural	Condição natural	200 ⁽²⁾	200	1000	1000	4000 ⁽³⁾	4000 ⁽³⁾
Ferro dissolvido (mg/l)	Condição natural	Condição natural	0,3	0,3	0,3	0,3	5	5
Fósforo Total (mg/l)	Condição natural	Condição natural	0,1 ⁽⁴⁾	0,1	0,1 ⁽⁴⁾	0,1	0,15 ⁽⁴⁾	0,15 ⁽⁴⁾
Manganês (mg/l)	Condição natural	Condição natural	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5
OD (mg/l)	Condição natural	Condição natural	>6	>6	>5	>5	>4	>4
Turbidez (UNT)	Condição natural	Condição natural	40	40	100	100	100	100
Arsênio (mg/l)	Condição natural	Condição natural	0,01	0,01	0,01	0,01	0,033	0,033
Sólidos em Suspensão Totais (mg/l)	-	Condição natural	-	50	-	100	-	100

Fonte: BRASIL, 2005 e MINAS GERAIS, 2008

⁽¹⁾Ou coliformes termotolerantes

⁽²⁾ Para uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274/ 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 (seis) amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

⁽³⁾Para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral.

Das 24 estações localizadas na calha do rio das Velhas, verificou-se que, para o período estudado, apenas 12 estações possuem, no mínimo, quatro resultados de todos os parâmetros selecionados por ano. São elas: BV013, BV037, BV063, BV067, BV139, BV 141, BV146, BV148, BV 149, BV 150, BV 151. Para que a avaliação contemplasse diferentes classes de qualidade de enquadramento, foram selecionadas também as estações BV001 e BV080 (análise dos anos de 2013, 2014 e 2015), AV010 (excluído o ano de 2010); BV0153 (excluído o ano de 2014); BV083 (excluído o ano de 2009).

Dessa forma, foram escolhidas 16 estações de monitoramento para este trabalho, as quais são apresentadas na Figura 5.2.

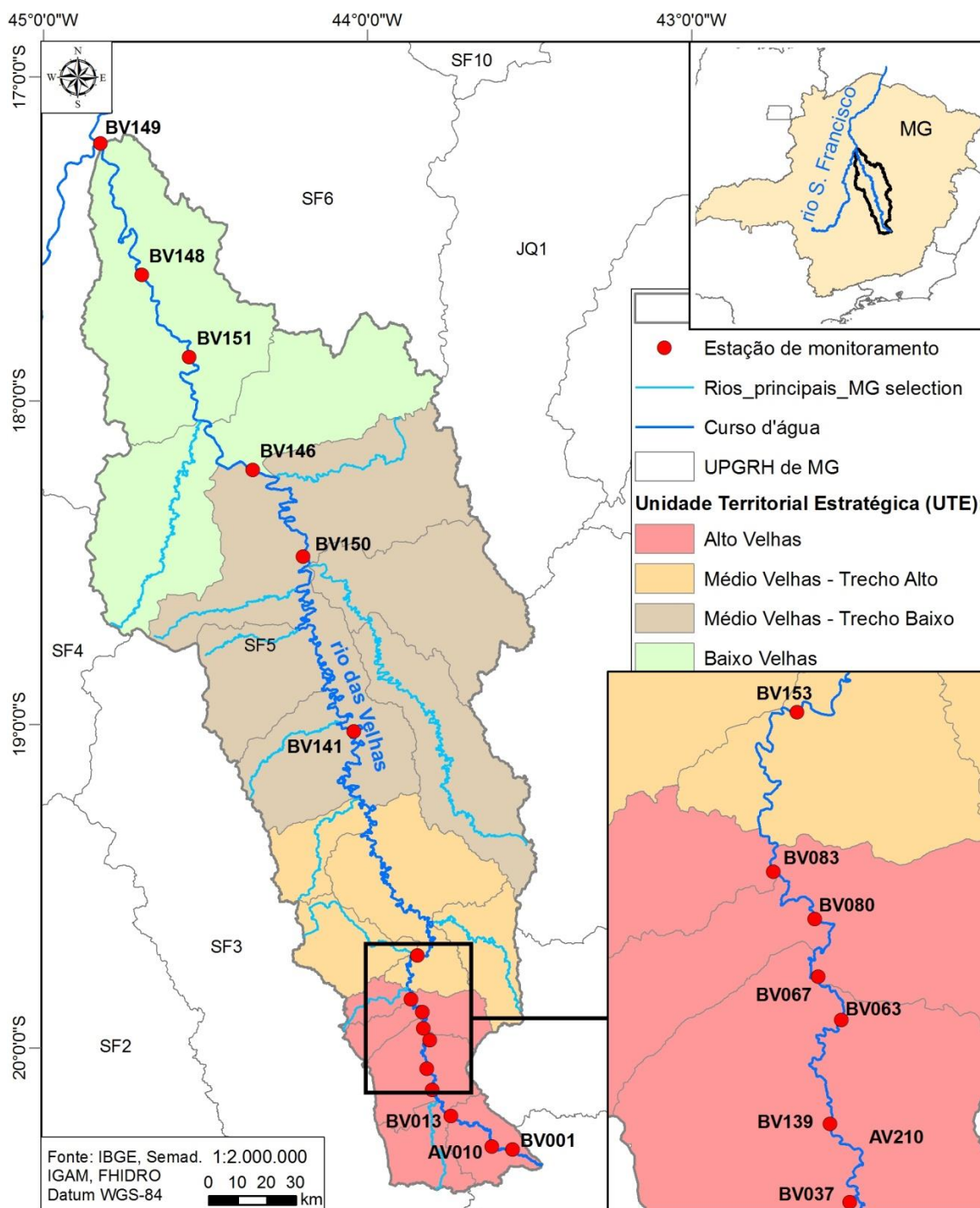


Figura 5.2 –Estações de monitoramento utilizadas nesta pesquisa
 Fonte: Adaptado de IGAM.

Para cada estação selecionada, foram utilizados quatro resultados de monitoramento de cada um dos nove parâmetros por ano analisado. Ao todo foram utilizados 3636 dados conforme apresentado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3—Descrição das estações e números de resultados de monitoramento por estação e ano

Estação	Descrição	Enquadramento	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	Total
BV001	Rio das Velhas próximo a sua nascente	Classe Especial	36	36	36	0	0	0	0	108
AV010	Rio das Velhas a jusante do ribeirão do Funil	Classe 1	36	36	36	0	36	36	36	216
BV013	Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV037	Rio das Velhas a jusante da foz do Rio Itabirito	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV139	Rio das Velhas a montante da ETA/COPASA , em Bela Fama	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV063	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Água Suja	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV067	Rio das Velhas a montante do ribeirão Sabará	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV080	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Sabará	Classe 3	36	36	36	0	0	0	0	108
BV083	Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão Arrudas	Classe 3	36	36	36	36	36	36	0	216
BV153	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão da Mata	Classe 3	36	0	36	36	36	36	36	216
BV141	Rio das Velhas na cidade de Santana do Pirapama	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV150	Rio das Velhas a jusante do rio Paraúna	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV146	Rio das Velhas a jusante do rio Pardo Grande	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV151	Rio das Velhas a jusante do córrego do Vinho em Lassance	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV148	Rio das Velhas na cidade de Várzea da Palma	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
BV149	Rio das Velhas a montante da sua foz no rio São Francisco	Classe 2	36	36	36	36	36	36	36	252
Total			576	540	576	468	504	504	468	3636

Etapa 2: Cálculo do ICE

Para cálculo do ICE foi utilizado o programa MS Excel®. Adaptando-se de Amaro (2009), foram elaboradas planilhas padronizadas que representam cada estação de monitoramento contendo: (i) os parâmetros de qualidade da água; (ii) datas de amostragem; (iii) os resultados dos monitoramentos; (iv) os padrões de qualidade; (v) os cálculos parciais dos fatores que compõem o ICE; e (vi) o valor encontrado do ICE para os anos monitorados. Os componentes desta planilha estão descritos a seguir:

Dados de entrada:

- Estação: o nome da estação de monitoramento;
- Classe: o enquadramento atual do trecho em que se localiza a estação monitorada;

- Data: os dias de amostragem;
- Parâmetros: nome da variável de qualidade da água analisada;
- Resultados: valores obtidos das análises (valor da variável). Quando o resultado da variável apresentou-se menor que o limite de quantificação, considerou-se como valor encontrado o próprio limite. por exemplo, para o resultado <2,0mg/L, utilizou-se como valor encontrado 2,0mg/L. Nesses casos, a célula apresentará a corcinza;
- Padrão: valor máximo ou mínimo exigidos pela legislação. Quando o padrão for “valor mínimo”, a célula apresentará a cor verde. Para a classe “especial” em que a legislação cita como referência a “condição natural” do corpo hídrico, optou-se por utilizar os padrões para classe 1.

Dados de cálculo:

- Desconformidades: foi verificado se o valor da variável está de acordo com os limites exigidos. Se estiver, a resposta da célula será igual a 0 (zero). Caso contrário, o valor será igual a 1 (um);
- Variação 1: indicará o quanto a variável afastou-se do objetivo. Este é calculado quando o valor correspondente à células “Desconformidades” for igual a 1 (um).
- Parâmetros Desconformes: indicará se a variável analisada apresentou desconformidade em pelo menos 1 (um) dado encontrado. Se isso acontecer, a célula apresentará “sim” e cor amarela. Caso contrário, a resposta será “não”.

Tabela resumo: contém os fatores que compõem o índice, bem como o valor do ICE para os anos monitorados. Assim:

- Ano: ano de análise;
- Parâmetros: número de variáveis analisadas;
- Testes: número total de testes realizados das variáveis de qualidade;
- Desconformes: número total de testes inconformes, isto é, que não atenderam à meta de enquadramento;
- Variação: soma de todas as variações dos testes inconformes do ano;
- Parâmetros desconformes: quantidade de variáveis inconformes;

- F1 (Abrangência/Espaço): componente do ICE que representa a abrangência das desconformidades, isto é, o número de variáveis que violaram os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observação;
- F2 (Frequência): componente do ICE que representa a porcentagem de vezes que a variável esteve em desacordo com os padrões em relação ao número de observações;
- S_{nv}: consiste na divisão da soma de todas as variações pelo número total de testes;
- F3 (Amplitude): componente do ICE que representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto é, a diferença entre o valor observado e o valor desejado de acordo com o objetivo de qualidade da água;
- ICE: índice de conformidade ao enquadramento.

Considerou-se a categorização por faixas e cores utilizadas por IGAM (2010), quais sejam (i) inaceitável: $0 < ICE < 45$; (ii) regular: $45 < ICE < 65$; (iii) aceitável: $65 < ICE < 80$; (iv) bom: $80 < ICE < 95$; (v) excelente: $95 < ICE < 100$. Os intervalos são os mesmos sugeridos por CCME (2001) com a diferença na denominação da faixa.

A escolha por esta classificação deveu-se à facilidade na interpretação dos resultados. A faixa “inaceitável”, por exemplo, se relaciona como a mais distante do enquadramento vigente e a faixa “excelente” como a mais próxima aos padrões estabelecidos.

A Tabela 5.4 apresenta a classificação do ICE utilizada nesta pesquisa.

Tabela 5.4—Classificação do Índice de Conformidade de Enquadramento

Classificação	Intervalo
Inaceitável	$0 < ICE < 45$
Regular	$46 < ICE < 65$
Aceitável	$66 < ICE < 80$
Bom	$81 < ICE < 94$
Excelente	$95 < ICE < 100$

No Apêndice II é apresentado um exemplo da planilha com os dados utilizados para o cálculo do ICE para a estação BV013.

Foram calculados 101 índices de conformidade ao enquadramento para estações localizadas na calha do rio das Velhas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No item 6.1 apresenta-se a análise dos resultados por estação de monitoramento e no item 6.2 é apresentada uma análise global dos resultados de ICE para a calha do rio Velhas.

6.1 *Por estação de monitoramento*

Os resultados neste tópico são apresentados por estação de monitoramento no sentido da nascente para a foz e contempla:

- Tabela contendo: (i) nome da estação; (ii) descrição; (iii) localização; (iv) classe de enquadramento; (v) parcelas do ICE; (vi) resultado do ICE.

Essas tabelas permitem uma visualização mais detalhada de cada parcela que influencia no cálculo do índice, como por exemplo, o número de parâmetros que não atenderam os padrões.

- Gráfico indicando a evolução temporal dos resultados do ICE e a tendência a que os valores do ICE estão alcançando ao longo período analisado.

A Tabela 6.1 apresenta os resultados para a estação BV001.

Tabela 6.1 – Informações gerais e resultados da estação BV001

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV001	Descrição: Rio das Velhas próximo a sua nascente								
CLASSE:	Especial	Município: Ouro Preto								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2013	9	36	1	0,15	1	11,11	2,78	0,004	0,41	93
2014	9	36	2	5,15	1	11,11	5,56	0,14	12,52	90
2015	9	36	3	6,54	3	33,33	8,33	0,18	15,37	78

A Figura 6.1 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV001.

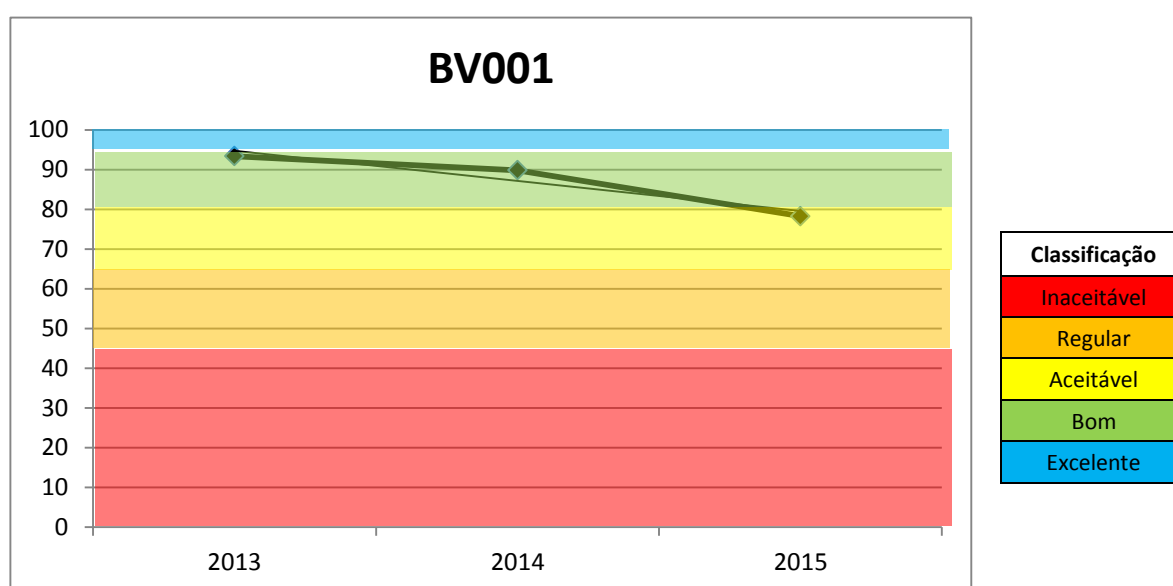


FIGURA 6.1 – Evolução temporal do ICE para a estação BV001

Os resultados para a BV001 indicam que a situação da qualidade do curso d'água naquele trecho encontra-se na faixa considerada como “bom” em 2013 e 2014 em relação ao enquadramento vigente. Já era esperado que o ICE para esta estação apresentasse bons resultados devido à sua localização (próximo à nascente do Rio das Velhas). Observa-se, entretanto, que, em 2015, o valor encontrado é considerado apenas “aceitável”. Nos três anos analisados, o parâmetro *E. coli* violou os padrões em pelo menos um dado de monitoramento. Em 2015, além de um dado inconforme de *E. coli*, os parâmetros ferro dissolvido e fósforo total apresentaram resultados acima dos padrões.

A Tabela 6.2 apresenta os resultados para a estação BV013.

Tabela 6.2 – Informações gerais e resultados da estação BV013

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV013	Descrição: Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito								
CLASSE:	2	Município: Itabirito								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconformidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	10	48,27	4	44,4	27,8	1,34	57,28	55
2010	9	36	8	65,935	4	44,4	22,2	1,83	64,68	53
2011	9	36	10	115,776	5	55,6	27,8	3,22	76,28	43
2012	9	36	5	13,704	3	33,3	13,9	0,38	27,57	74
2013	9	36	8	21,094	3	33,3	22,2	0,59	36,95	69
2014	9	36	4	4,18	1	11,1	11,1	0,12	10,40	89
2015	9	36	5	5,349	3	33,3	13,9	0,15	12,94	78

A Figura 6.2 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV013.

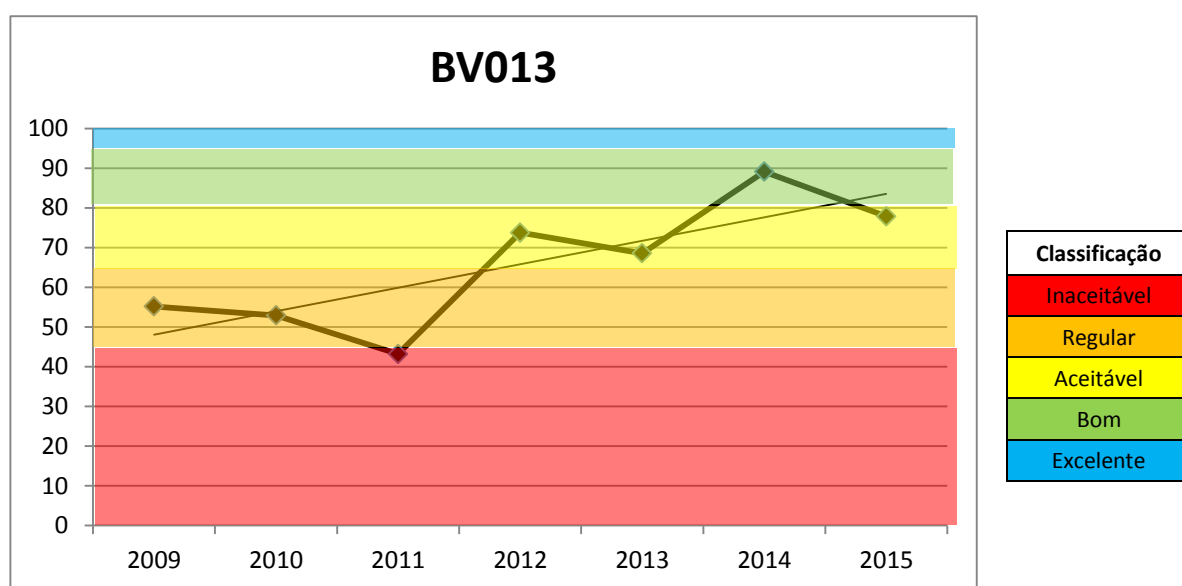


FIGURA 6.2 – Evolução temporal do ICE para a estação BV013

A evolução temporal do ICE na estação BV013 mostra que houve uma melhora na qualidade do Rio das Velhas a montante da foz com o rio Itabirito. Os parâmetros que se apresentaram desconformes no período em análise foram *E. coli*, manganês total, ferro dissolvido, turbidez e sólidos em suspensão totais. Há predominância de não atendimento para *E. coli* e manganês total. Estes resultados indicam a influência do lançamento de esgotos domésticos e da atividade de mineração da região na qualidade da água do Rio das Velhas.

A Tabela 6.3 apresenta os resultados para a estação AV010.

Tabela 6.3 -Informações gerais e resultados da estação AV010

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	AV010	Descrição: Rio das Velhas a jusante do ribeirão do Funil								
CLASSE:	1	Município: Itabirito								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	13	118,043	5	55,6	36,1	3,28	76,63	42
2011	9	36	14	158,884	6	66,7	38,9	4,41	81,53	35
2012	9	36	9	29,277	4	44,4	25	0,81	44,85	61
2013	9	36	5	7,52	2	22,2	13,9	0,21	17,28	82
2014	9	36	9	17,7125	4	44,4	25	0,49	32,98	65
2015	9	36	9	15,1305	4	44,4	25	0,42	29,59	66

A Figura 6.3 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação AV010.

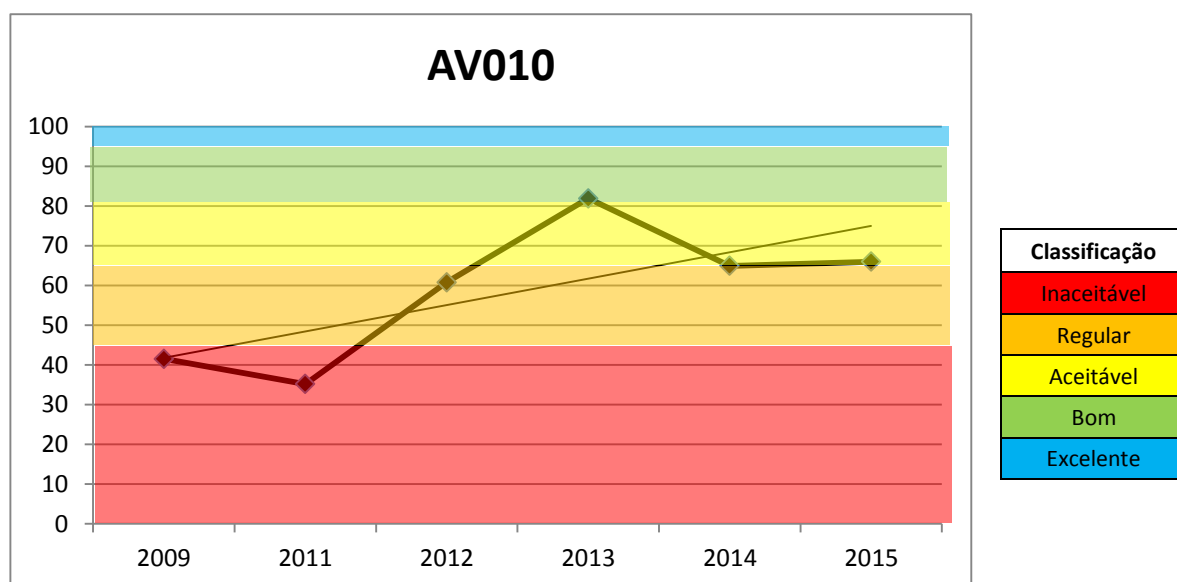


FIGURA 6.3 – Evolução temporal do ICE para a estação AV010

Os resultados observados na estação AV010 indicam que houve uma melhora na qualidade do rio a partir de 2012, mas nos últimos dois anos o ICE permaneceu próximo à classificação “regular” em relação ao atendimento ao enquadramento vigente. Os parâmetros que não se apresentaram desconformes no período em análise foram DBO e OD. Também há predominância de não atendimento para *E. coli* e mangânes total, que pode, como já salientado, ser reflexo do lançamento de esgotos domésticos, geologia local e atividade de mineração.

A Tabela 6.4 apresenta os resultados para a estação BV037.

Tabela 6.4 – Informações gerais e resultados da estação BV037

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV037	Descrição: Rio das Velhas a jusante da foz do Rio Itabirito								
CLASSE:	2	Município: Itabirito								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconfididades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	13	79,388	5	55,56	36,11	2,21	68,80	45
2010	9	36	10	89,868	4	44,44	27,78	2,50	71,40	49
2011	9	36	11	110,354	5	55,56	30,56	3,07	75,40	43
2012	9	36	10	121,634	4	44,44	27,78	3,38	77,16	46
2013	9	36	18	216,8524	7	77,78	50,00	6,02	85,76	27
2014	9	36	8	48,337	2	22,22	22,22	1,34	57,31	62
2015	9	36	9	53,5146	3	33,33	25,00	1,49	59,78	58

A Figura 6.4 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV037.

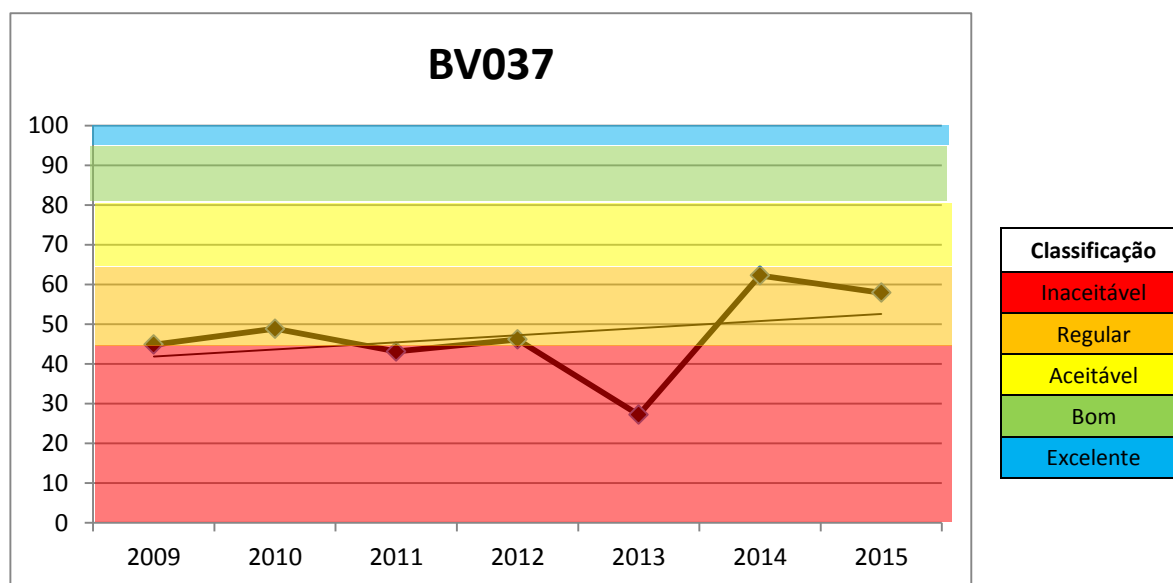


FIGURA 6.4 – Evolução temporal do ICE para a estação BV037

Apesar da tendência da evolução dos valores ICE no ponto a jusante da foz do rio Itabirito observa-se que nos dois últimos anos os resultados são considerados apenas “regulares” em relação aos padrões e em 2013 o ICE apresentou menor valor para esta estação. Permanece a predominância de resultados inconformes para *E. coli* e manganês total. Estes resultados indicam a influência do lançamento de esgotos domésticos, da atividade de mineração e das características do solo da região na qualidade da água do rio das Velhas

A Tabela 6.5 apresenta os resultados para a estação BV139.

Tabela 6.5 – Informações gerais e resultados da estação BV139

ESTAÇÃO:	BV139		Descrição: Rio das Velhas a montante da ETA/COPASA							
CLASSE:	2		Município: Bela Fama							
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconformidades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	10	55,081	6	66,7	27,78	1,53	60,47	46
2010	9	36	6	263,54	2	22,2	16,67	7,32	87,98	47
2011	9	36	7	73,73	3	33,3	19,44	2,05	67,19	55
2012	9	36	8	68,088	3	33,3	22,22	1,89	65,41	56
2013	9	36	12	265,038	6	66,7	33,33	7,36	88,04	33
2014	9	36	8	48,3	2	22,2	22,22	1,34	57,30	62
2015	9	36	9	47,3063	3	33,3	25,00	1,31	56,79	59

A Figura 6.5 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV139.

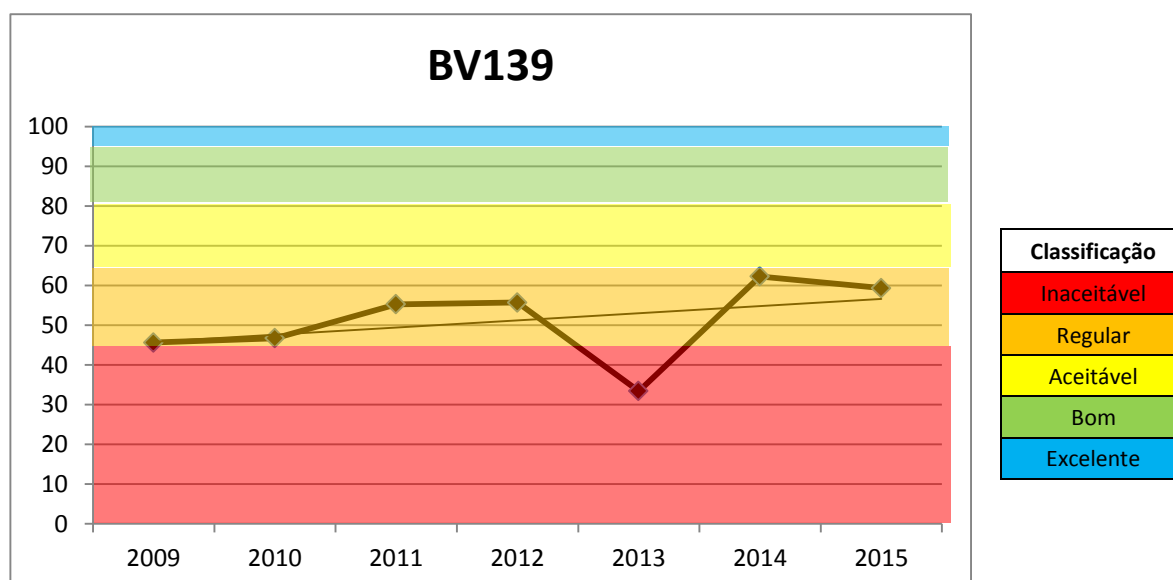


FIGURA 6.5 – Evolução temporal do ICE para a estação BV139

A evolução temporal do ICE na estação BV139 indica uma tendência a se manter na faixa “regular” no período analisado, o que pode indicar que as ações de gerenciamento e proteção das águas da bacia não estão surtindo o efeito desejado. Em 2013 o ICE apresentou o pior resultado. Os parâmetros que apresentaram-se predominância na desconformidade foram *E. coli* e manganês total, que pode ser reflexo do lançamento de esgotos domésticos, geologia local e atividade de mineração.

A Tabela 6.6 apresenta os resultados para a estação BV063.

Tabela 6.6—Informações gerais e resultados da estação BV063

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV063		Descrição: Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Água Suja							
CLASSE:	2		Município:							
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconformidades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	17	408,689	6	66,67	47,22	11,35	91,90	29
2010	9	36	15	93,427	6	66,67	41,67	2,60	72,19	38
2011	9	36	16	147,095	6	66,67	44,44	4,09	80,34	34
2012	9	36	12	176,805	5	55,56	33,33	4,91	83,08	39
2013	9	36	18	328,3958	6	66,67	50,00	9,12	90,12	29
2014	9	36	12	41,482	4	44,44	33,33	1,15	53,54	55
2015	9	36	9	75,2661	4	44,44	25,00	2,09	67,65	51

A Figura 6.6 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV063.

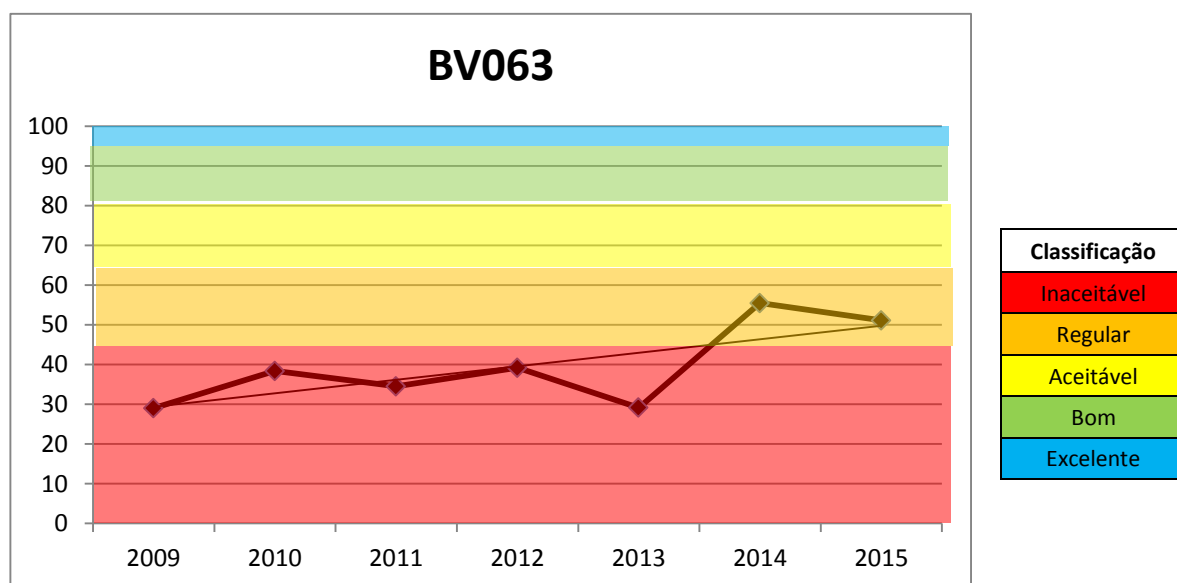


FIGURA 6.6 – Evolução temporal do ICE para a estação BV063

A BV063 localiza-se a jusante da foz do ribeirão Água Suja, em Nova Lima. Apesar da tendência na melhora dos resultados de ICE, observa-se que nos dois últimos anos os resultados são considerados apenas “regulares” em relação aos padrões. Dos resultados analisados, os parâmetros com o maior percentual de inconformidade foram *E. coli*, arsênio total e manganês nesta estação. Os resultados aponta influência de aglomerado urbano e de atividades minerárias da região.

A Figura 6.7 apresenta os resultados para a estação BV067.

Tabela 6.7–Informações gerais e resultados da estação BV067

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV067	Descrição: Rio das Velhas a montante do ribeirão Sabará								
CLASSE:	2	Município: Sabará								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	37	17	385,653	4	44,44	45,95	10,42	91,25	36
2010	9	36	12	82,518	4	44,44	33,33	2,29	69,62	49
2011	9	36	10	161,968	6	66,67	27,78	4,50	81,82	37
2012	9	36	11	68,661	5	55,56	30,56	1,91	65,60	47
2013	9	36	16	89,09479	6	66,67	44,44	2,47	71,22	38
2014	9	36	8	12,17	3	33,33	22,22	0,34	25,26	73
2015	9	36	10	20,9944	4	44,44	27,78	0,58	36,84	63

A Figura 6.7 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV067.

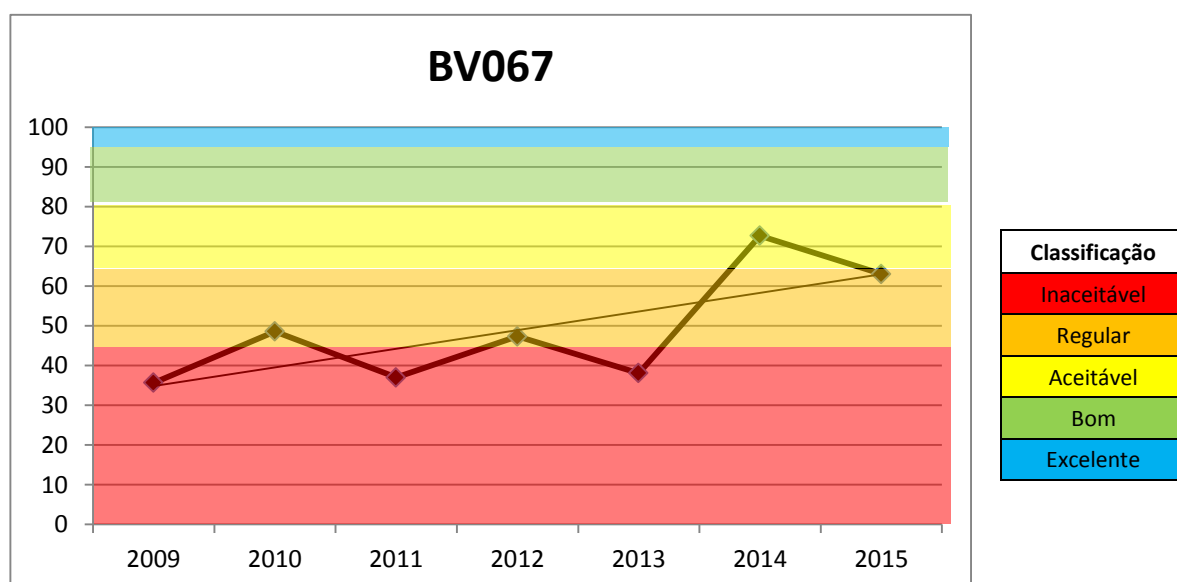


FIGURA 6.7 – Evolução temporal do ICE para a estação BV067

A evolução temporal do ICE na estação BV067 mostra que houve uma melhora na qualidade do rio das Velhas a montante do ribeirão Sabará nos últimos anos em relação ao atendimento ao enquadramento vigente para os parâmetros estudados. Observou-se que os parâmetros DBO, OD e ferro dissolvido não apresentaram desconformidades no período em análise e os parâmetros que apresentaram predominância na desconformidade foram *E. coli* e manganês total, que pode ser reflexo do lançamento de esgotos domésticos, geologia local e atividade de mineração.

A Tabela 6.8 apresenta os resultados para a estação BV080.

Tabela 6.8—Informações gerais e resultados da estação BV080

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV080	Descrição: Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Sabará								
CLASSE:	3	Município: Sabará								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2013	9	36	13	53,2690	6	66,67	36,11	1,48	59,67	44
2014	9	36	9	61,5768	6	66,67	25,00	1,71	63,11	45
2015	9	36	6	31,5693	2	22,22	16,67	0,88	46,72	69

A Figura 6.8 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV80.

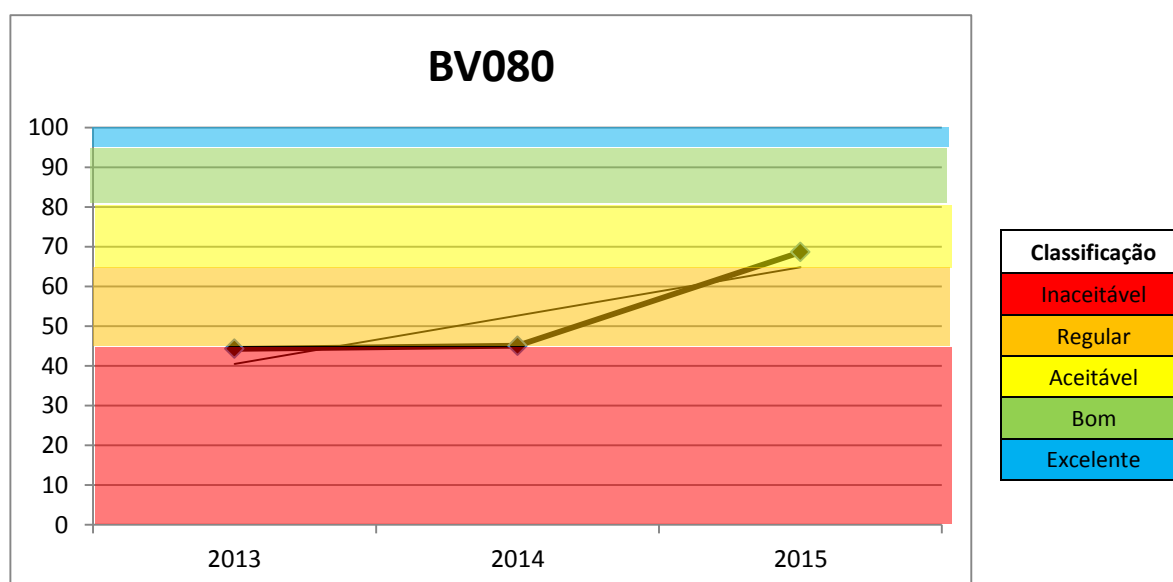


FIGURA 6.8 – Evolução temporal do ICE para a estação BV080

Os resultados observados na estação BV080 indicam que houve uma melhora no atendimento aos padrões no período analisado, passando da faixa “inaceitável” em 2013 e 2014 para “aceitável” em 2015. Dos nove parâmetros, somente OD e ferro dissolvido não apresentaram desconformidades no período analisado. Em 2015, os parâmetros *E. coli* e fósforo total foram os únicos inconformes. Os resultados indicam influência do lançamento de esgotos domésticos na qualidade da água do rio.

A Tabela 6.9 apresenta os resultados para a estação BV083.

Tabela 6.9—Informações gerais e resultados da estação BV083

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV083	Descrição: Rio das Velhas logo a jusante do Ribeirão Arrudas								
CLASSE:	3	Município:								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2010	9	36	7	49,60	3	33,33	19,44	1,38	57,94	60
2011	9	36	13	204,71	7	77,78	36,11	5,69	85,04	30
2012	9	36	15	136,34	6	66,67	41,67	3,79	79,11	36
2013	9	36	17	146,68	7	77,78	47,22	4,07	80,29	30
2014	9	36	13	171,44	6	66,67	36,11	4,76	82,65	35
2015	9	36	11	198,89	4	44,44	30,56	5,52	84,67	42

A Figura 6.9 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV83.

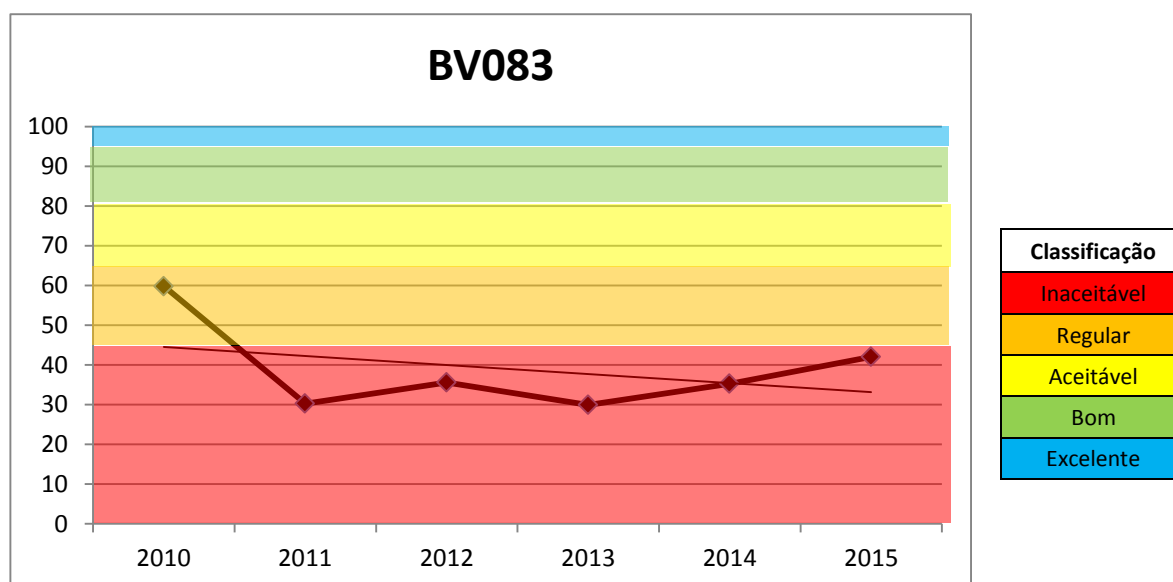


FIGURA 6.9 – Evolução temporal do ICE para a estação BV083

A evolução temporal do ICE na estação BV083 mostra uma situação crítica, os valores do índice indicam uma tendência de piora das condições hídricas. Este ponto está localizado a jusante do ribeirão Arrudas e é enquadrado como classe 3. Observou-se que os parâmetros com maior predominância de desconformidade são *E. coli*, DBO e fósforo total que são característicos de influência de esgotos sanitários.

A Tabela 6.10 apresenta os resultados para a estação BV153.

Tabela 6.10–Informações gerais e resultados da estação BV153

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV153		Descrição: Rio das Velhas a jusante do Ribeirão da Mata							
CLASSE:	3		Município:							
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	18	140,21	8	88,89	50,00	3,89	79,57	25
2010	9	36	13	53,66	5	55,56	36,11	1,49	59,85	48
2011	9	36	14	82,34	6	66,67	38,89	2,29	69,58	40
2012	9	36	14	75,96	6	66,67	38,89	2,11	67,85	41
2013	9	36	20	188,14	8	88,89	55,56	5,23	83,94	22
2015	9	36	12	93,44	4	44,44	33,33	2,60	72,19	47

A Figura 6.10 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV153.

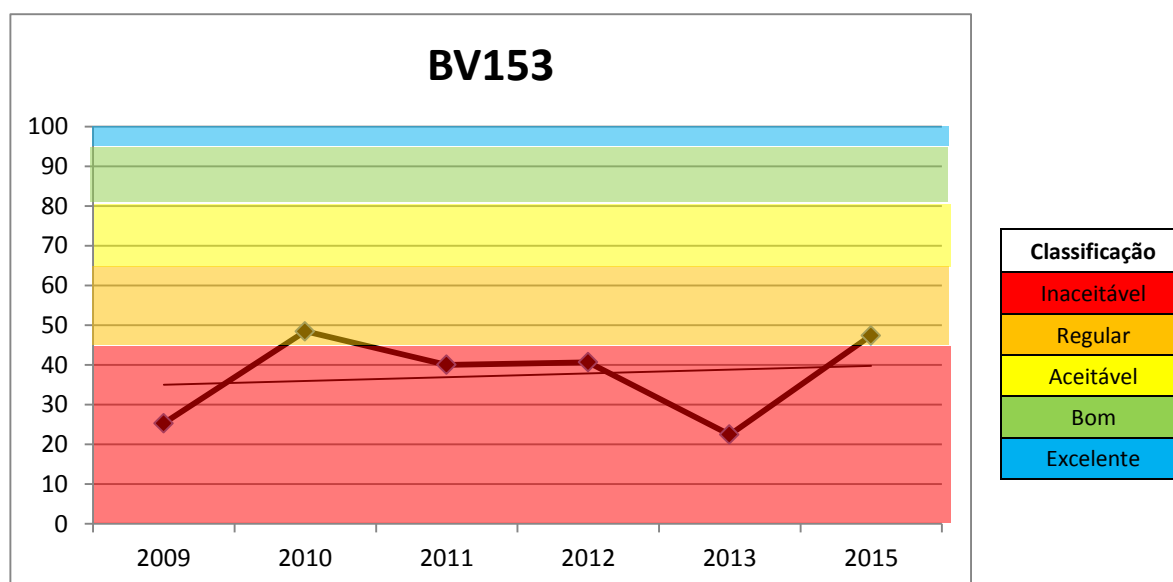


FIGURA 6.10 – Evolução temporal do ICE para a estação BV153

Os resultados encontrados para a BV153, localizada no médio alto rio das Velhas e classificada como classe 3, indicam que a situação da qualidade do curso d’água em relação ao enquadramento naquele trecho apresentou-se como “inaceitável” em quase todo o período e há uma tendência estacionária de não melhoramento. Dos resultados analisados, os parâmetros com o maior percentual de inconformidade foram fósforo total e OD, o que pode indicar, também pela ausência de *E. coli*, influência da atividade agrícola e pecuária na região.

A Tabela 6.11 apresenta os resultados para a estação BV141.

Tabela 6.11–Informações gerais e resultados da estação BV141

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV141	Descrição: Rio das Velhas								
CLASSE:	2	Município: Santana do Pirapama								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	22	95,30	7	77,78	61,11	2,65	72,58	29
2010	9	36	14	37,31	6	66,67	38,89	1,04	50,90	47
2011	9	36	19	55,88	8	88,89	52,78	1,55	60,82	31
2012	9	36	14	23,88	5	55,56	38,89	0,66	39,88	55
2013	9	36	19	102,66	8	88,89	52,78	2,85	74,04	27
2014	9	36	17	88,48	7	77,78	47,22	2,46	71,08	33
2015	9	36	13	36,73	5	55,56	36,11	1,02	50,50	52

A Figura 6.11 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV141.

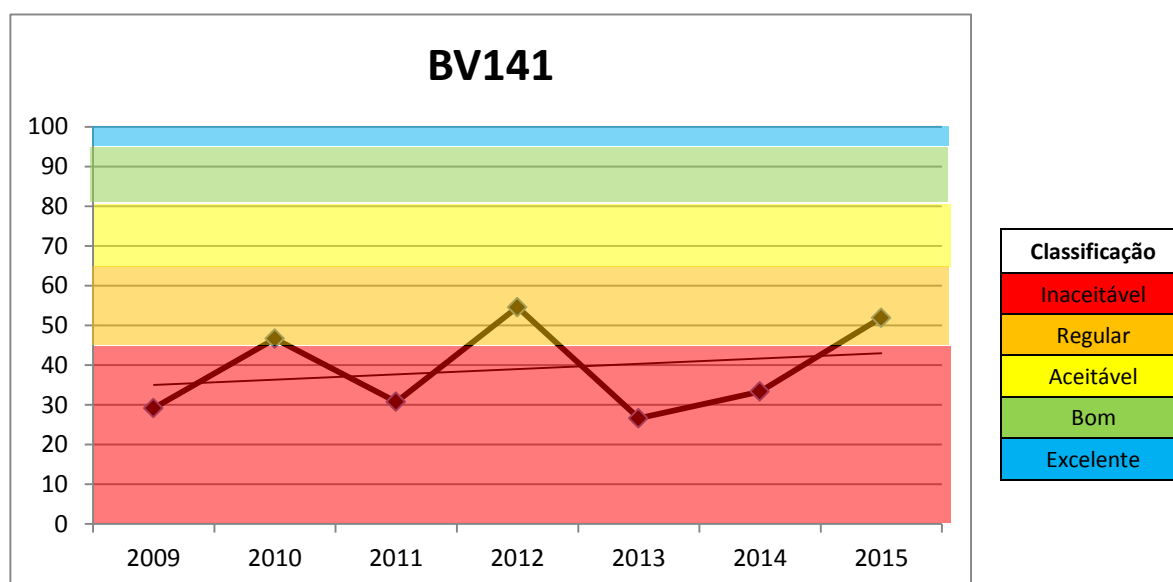


FIGURA 6.11 – Evolução temporal do ICE para a estação BV141

Apesar da irregularidade na evolução temporal do ICE para a BV 141, observa-se uma tímida tendência de melhora dos resultados no período analisado. Observou-se que os parâmetros com maior predominância de desconformidade são *E. coli*, arsênio total, fósforo total e manganês total, que pode ser reflexo do lançamento de esgotos domésticos e atividades agrícola e pecuária na região.

A Tabela 6.12 apresenta os resultados para a estação BV150.

Tabela 6.12 – Informações gerais e resultados da estação BV150

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV150	Descrição: Rio das Velhas a jusante do rio Paraúna								
CLASSE:	2	Município: Localidade Senhora da Glória								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconformidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	17	93,62	6	66,67	47,22	2,60	72,23	37
2010	9	36	12	21,38	7	77,78	33,33	0,59	37,26	47
2011	9	36	20	36,92	6	66,67	55,56	1,03	50,63	42
2012	9	36	13	20,42	5	55,56	36,11	0,57	36,20	56
2013	9	36	14	45,25	6	66,67	38,89	1,26	55,69	45
2014	9	36	10	19,98	4	44,44	27,78	0,56	35,69	63
2015	9	36	10	18,56	5	55,56	27,78	0,52	34,02	59

A Figura 6.12 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV150.

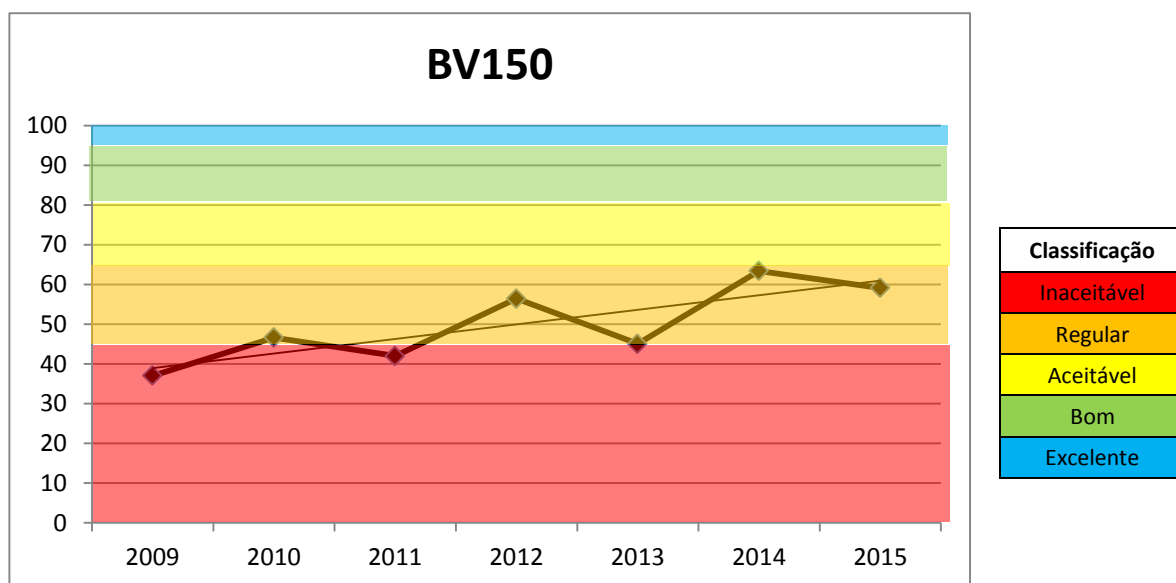


FIGURA 6.12 – Evolução temporal do ICE para a estação BV150

Os resultados encontrados para a BV150 indicam comportamento favorável em relação ao enquadramento vigente. Dos resultados analisados, os parâmetros com o maior percentual de não conformidade foram fósforo total e OD, o que pode indicar influência da atividade agropecuária na região.

A Tabela 6.13 apresenta os resultados para a estação BV146.

Tabela 6.13—Informações gerais e resultados da estação BV146

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV146		Descrição: Rio das Velhas a jusante do rio Paraúna							
CLASSE:	2		Município: Localidade Senhora da Glória							
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâ- metros	Testes	Descon- formidades	Varição	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	12	37,30	7	77,78	33,33	1,04	50,88	43
2010	9	36	10	19,81	6	66,67	27,78	0,55	35,50	54
2011	9	36	18	28,14	6	66,67	50,00	0,78	43,87	46
2012	9	36	12	28,96	6	66,67	33,33	0,80	44,58	50
2013	9	36	13	28,89	6	66,67	36,11	0,80	44,52	49
2014	9	36	8	12,48	4	44,44	22,22	0,35	25,74	68
2015	9	36	11	14,84	5	55,56	30,56	0,41	29,19	60

A Figura 6.13 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV146.

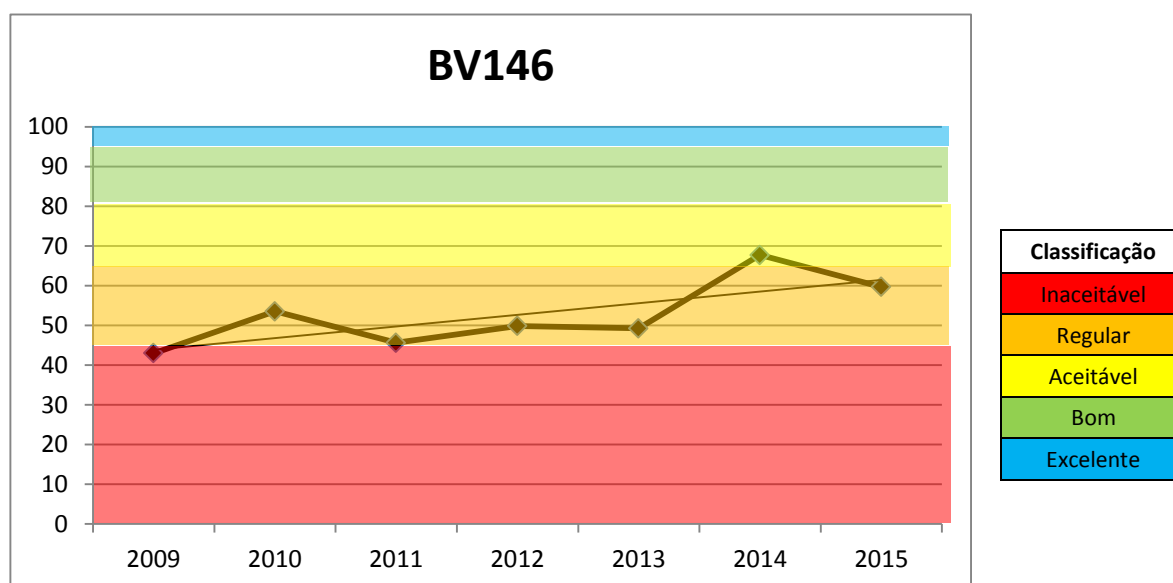


FIGURA 6.13 – Evolução temporal do ICE para a estação BV146

A evolução temporal dos resultados do ICE para a BV146 indicam tendência de melhora ao atendimento aos padrões ao longo do período analisado. Dos sete parâmetros que apresentaram desconformidades, arsênio total, *E. coli*, fósforo total e manganês total possuem o maior percentual de não atendimento ao enquadramento neste trecho.

A Tabela 6.14 apresenta os resultados para a estação BV151.

Tabela 6.14—Informações gerais e resultados da estação BV151

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV151	Descrição: Rio das Velhas a jusante do rio Paraúna								
CLASSE:	2	Município: Localidade Senhora da Glória								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconformidades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	10	16,95	6	66,67	27,78	0,47	32,00	54
2010	9	36	10	216,42	5	55,56	27,78	6,01	85,74	39
2011	9	36	10	36,41	3	33,33	27,78	1,01	50,28	62
2012	9	36	8	7,57	4	44,44	22,22	0,21	17,37	70
2013	9	36	12	9,57	5	55,56	33,33	0,27	20,99	61
2014	9	36	8	14,57	4	44,44	22,22	0,40	28,81	67
2015	9	36	11	14,86	4	44,44	30,56	0,41	29,21	65

A Figura 6.14 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV151.

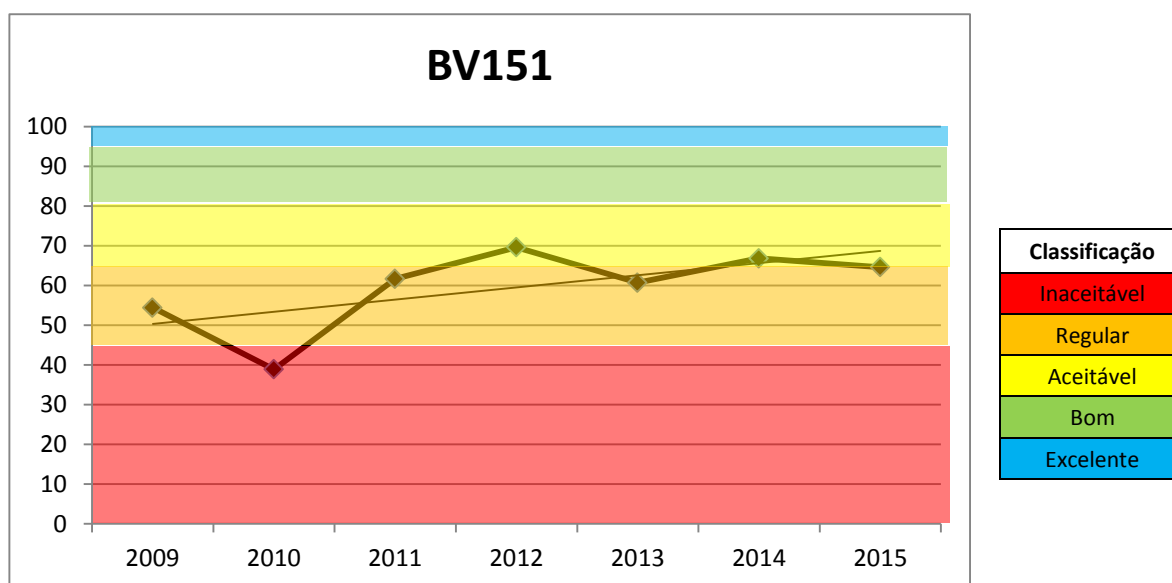


FIGURA 6.14 – Evolução temporal do ICE para a estação BV151

Os resultados observados do ICE na estação BV151, localizada no baixo curso do rio das Velhas, apresentaram tendência de elevação nos últimos anos. Observou-se que os parâmetros com maior predominância de desconformidade são arsênio total, *E.coli*, fósforo total e manganês total. Os resultados indicam influência de lançamento de esgotos domésticos e atividade agropecuária na região.

A Tabela 6.15 apresenta os resultados para a estação BV148.

Tabela 6.15–Informações gerais e resultados da estação BV148

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV148	Descrição: Rio das Velhas								
CLASSE:	2	Município: Várzea da Palma								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconfididades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	10	17	6	66,67	27,78	0,47	32,08	54
2010	9	36	10	352,96	5	55,56	27,78	9,80	90,74	37
2011	9	36	9	58,81	4	44,44	25,00	1,63	62,03	54
2012	9	36	10	13,33	7	77,78	27,78	0,37	27,02	50
2013	9	36	6	12,38	4	44,44	16,67	0,34	25,59	69
2014	9	36	6	7,7	3	33,33	16,67	0,21	17,62	76
2015	9	36	12	23,18	5	55,56	33,33	0,64	39,17	56

A Figura 6.15 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV148.

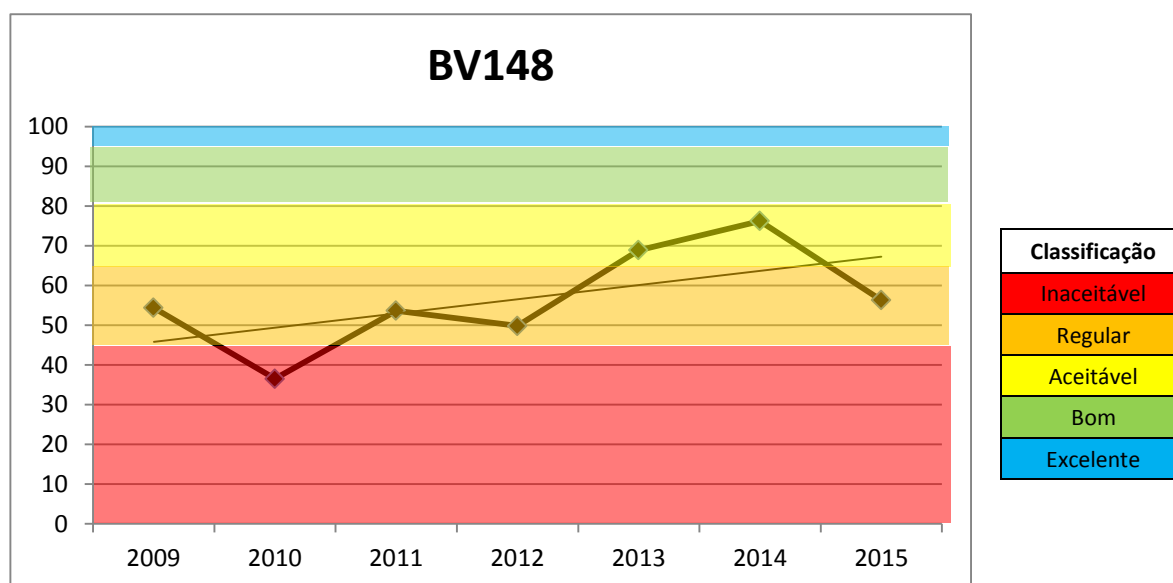


FIGURA 6.15 – Evolução temporal do ICE para a estação BV148

A evolução temporal dos resultados do ICE para a BV148 indica tendência positiva ao atendimento aos padrões ao longo do período analisado. Apesar disso, observa-se uma queda no último ano de um resultado “bom” (ICE:76) em 2014 para “regular” em 2015 (ICE: 56).

A Tabela 6.16 apresenta os resultados para a estação BV149.

Tabela 6.16—Informações gerais e resultados da estação BV149

INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO										
ESTAÇÃO:	BV149	Descrição: Rio das Velhas a montante da sua foz no rio São Francisco								
CLASSE:	2	Município: Guaicuí								
PARCELAS DO ICE										
Ano	Parâmetros	Testes	Desconformidades	Variação	Parâm. Desconf	F1	F2	snv	F3	ICE
2009	9	36	9	8,83	6	66,67	25,00	0,25	19,70	57
2010	9	36	5	186,1	2	22,22	13,89	5,17	83,79	49
2011	9	36	8	198,9	2	22,22	22,22	5,52	84,67	48
2012	9	36	8	12,8	5	55,56	22,22	0,36	26,30	62
2013	9	36	7	5,1	4	44,44	19,44	0,14	12,33	71
2014	9	36	7	7,87	4	44,44	19,44	0,22	17,94	70
2015	9	36	6	13,89	3	33,33	16,67	0,39	27,84	73

A Figura 6.16 apresenta o gráfico da evolução temporal do ICE para a estação BV149.

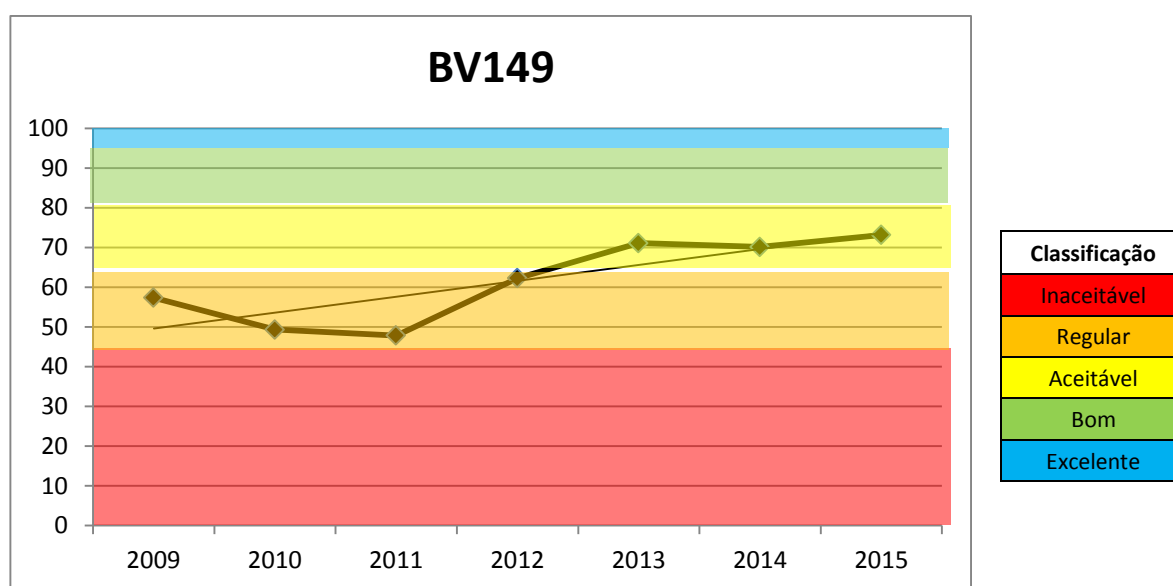


FIGURA 6.16 – Evolução temporal do ICE para a estação BV149

Os resultados observados do ICE na estação BV149 apresentaram tendência à melhora a partir de 2011. Nos últimos três anos o ICE se manteve na faixa considerada “bom” em relação ao atendimento aos padrões estabelecidos na legislação. O parâmetro com maior percentual de desconformidades foi o arsênio total, que pode ser explicado pela atividade agropecuária na região. Ressalta-se que esta estação está localizada a montante da foz no rio São Francisco.

6.2 Análise geral dos resultados

A Tabela 6.17 abaixo apresenta os resultados consolidados do ICE por estação de monitoramento por ano.

Tabela 6.17 – Consolidação dos resultados do ICE

Estações	Localização	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
BV001	Alto Velhas	DND	DND	DND	DND	93	90	78
AV010		42	DND	35	61	82	65	66
BV013		55	54	43	74	69	89	78
BV037		45	49	43	46	27	62	58
BV139		46	47	55	56	33	62	59
BV063		29	38	34	39	29	55	51
BV067		36	49	37	47	38	73	63
BV080		DND	DND	DND	DND	44	45	69
BV083		DND	60	30	36	30	35	42
BV153		Médio Alto	25	48	40	41	22	DND
BV141	Médio Baixo	29	47	31	55	27	33	52
BV150		37	47	42	56	45	63	59
BV146		43	54	46	50	49	68	60
BV151	Baixo Velhas	54	39	62	70	61	67	65
BV148		54	37	54	50	69	76	56
BV149		57	49	48	62	71	70	73

Classificação
Inaceitável
Regular
Aceitável
Bom
Excelente

*DND – Dado não disponível

Dos 101 dados de ICE, 44,6% (45 dados) encontram-se na faixa definida como regular em relação ao atendimento ao enquadramento e 35,6% (36 dados) foram considerados inaceitáveis do mesmo ponto de vista. Apenas 15,8% dos resultados estão nas faixas “aceitável” (16 dados) e 4,0% “bom” (4 dados). Não foi encontrado nenhum dado de ICE avaliado como excelente.

De uma forma geral, os resultados do ICE para a calha do Rio das Velhas, que podem refletir a situação de toda a bacia, indicam uma condição de afastamento do enquadramento vigente, apesar do indicativo de melhora no período analisado.

Os resultados considerados “bons” foram observados apenas nas estações BV001, AV010 e BV013, localizadas no Alto Velhas a montante da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). As estações do Baixo Velhas, BV151, BV149 e BV148, apresentaram resultados considerados “aceitáveis” nos últimos anos, permitindo especular acerca da influência da

estação de tratamento de esgotos do Arrudas e mesmo de eventual autodepuração do Rio das Velhas a jusante da RMBH.

O ICE apresentou menores resultados no Alto Rio das Velhas a partir da foz do rio Itabirito e no Médio (Alto e Baixo) curso do Rio das Velhas, e tendeu a melhorar até a montante da sua foz no rio São Francisco (BV149). Para a região do Alto Velhas, verificou-se a influência dos aglomerados urbanos com lançamentos de efluentes sanitários e da atividade minerária, além das características naturais do solo, uma vez que os parâmetros com maior percentual de desconformidade e variação nas estações dessa área foram *E. coli* e manganês total. O parâmetro arsênio total foi identificado com maiores desconformidades na região de Nova Lima. No Médio Alto e Médio Baixo curso do Rio das Velhas foram identificadas maiores percentuais de não conformidades dos parâmetros que indicam a influência da agricultura, como fósforo total e arsênio total, além de *E. coli*. Similar situação ocorreu nas estações do Baixo Velhas, com exceção do parâmetro *E. coli*, que não apresentou grandes percentuais de violação.

A partir da Figura 6.17 é possível verificar espacialmente os resultados descritos acima.

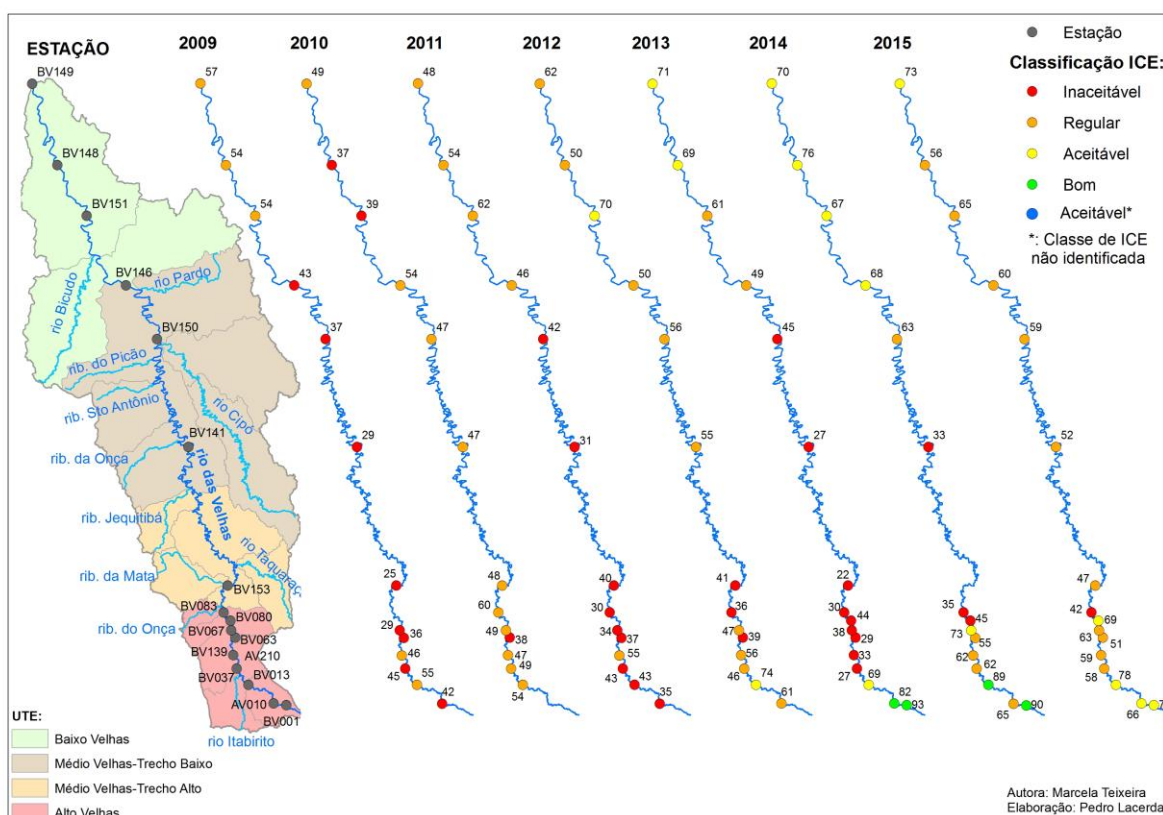


FIGURA 6.17 – Evolução temporal do ICE na calha do Rio das Velhas

6.3 Análise Comparativa entre o ICE e o IQA

Ao analisar o gráfico de dispersão elaborado com os dados do ICE calculado e a média anual do IQA disponibilizado pelo IGAM, Figura 6.18, observa-se um certo grau de correlação linear entre tais índices neste trabalho.

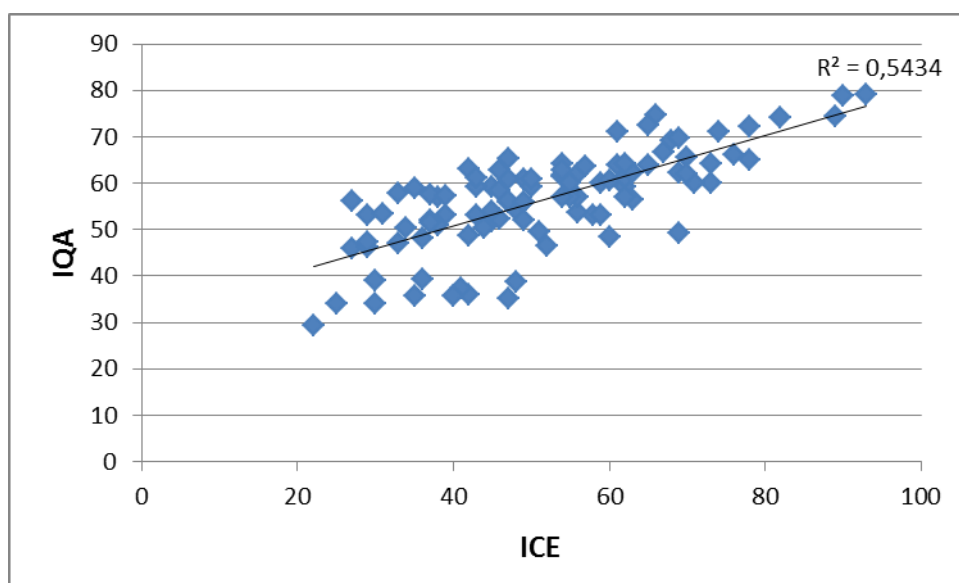


FIGURA6.18 – Correlação entre ICE e IQA no período de 2009 a 2015 em 16 estações de monitoramento da calha do rio das Velhas.

Para correlacionar os dois índices, há necessidade de se avaliar as escalas de classificação da qualidade, conforme mostrado na Figura 6.19.

	0	25	26	45	46	50	51	65	66	70	71	80	81	90	91	94	95	100
IQA	Muito Ruim	Ruim				Médio				Bom				Excelente				
ICE	Inaceitável				Regular				Aceitável				Bom				Excelente	

FIGURA6.19 – Classificação de qualidade do índices ICE e IQA

A análise das escalas de notas de qualidade por faixa e cores das respectivas classes do IQA e ICE evidencia que, na escala do ICE, a classificação “inaceitável” varia de 0 a 45, enquanto na escala do IQA, a faixa equivalente “muito ruim”, varia de 0 a 25, implicando que a partir de 36, até 51, nesta escala, a água já tem uma qualidade considerada apenas “ruim”.

De acordo com as definições das faixas para o ICE, um resultado só é considerado “aceitável” quando obtém a partir de 65. Na faixa de 81 a 90, o atendimento aos padrões é considerado “bom”; e 95 a 100 é considerado “excelente”. As três classificações de qualidade (aceitável, bom e excelente) para o ICE englobam 33 notas, sendo 14 na classificação “aceitável”, 14 na classificação “boa” e 5 na classificação “excelente”. Na escala do IQA, as faixas que indicam que as águas têm uma qualidade “média”, “boa” e “ótima” englobam 49 notas de qualidade,

sendo que 28 notas estão dentro da classificação “boa” e 9 notas na classificação “excelente”. Neste cenário, é possível concluir que as faixas definidas para o ICE apresentam-se mais restritivas comparadas às do IQA.

A Tabela 6.18 apresenta os resultados de ICE calculados para as 16 estações de monitoramento e os dados da média anual do IQA disponibilizado pelo IGAM, associados às cores da sua escala de qualidade.

Tabela 6.18 – Comparação dos resultados do ICE X IQA

Estações	2015		2014		2013		2012		2011		2010		2009	
	ICE	IQA	ICE	IQA	ICE	IQA	ICE	IQA	ICE	IQA	ICE	IQA	ICE	IQA
BV001	78	72,2	90	78,7	93	79,2	DND	NA	DND	NA	DND	NA	DND	NA
AV010	66	74,6	65	72,4	82	74,2	61	71,1	35	58,9	DND	NA	42	63,1
BV013	78	65	89	74,3	69	69,7	74	71,1	43	59,2	54	61,3	55	59,9
BV037	58	53	62	59,1	27	56,1	46	58,4	43	53,2	49	55,9	45	54
BV139	59	53,2	62	61,2	33	57,9	56	57	55	57	47	56,2	46	62,8
BV063	51	49,6	55	57,5	29	53	39	53	34	50,3	38	50,8	29	46,3
BV067	63	56,3	73	64,1	38	57	47	55,8	37	57,5	49	52	36	48
BV080	69	49,3	45	51,6	44	50,3	DND	NA	DND	NA	DND	NA	DND	NA
BV083	42	35,9	35	35,7	30	33,9	36	39,3	30	38,9	60	48,4	DND	NA
BV153	47	35	DND	NA	22	29,4	41	37,4	40	35,8	48	38,8	25	34
BV141	52	46,5	33	47,1	27	45,9	55	58	31	53,5	47	60,8	29	47,3
BV150	59	59,9	63	62,3	45	59,2	56	62	42	48,7	47	65,2	37	51,4
BV146	60	60,6	68	69,2	49	60,8	50	59,2	46	52,4	54	61,8	43	61,1
BV151	65	63,8	67	66,8	61	63,9	70	62	62	56,9	39	57,4	54	64,1
BV148	56	53,6	76	66,1	69	62,3	50	60,8	54	57,1	37	51,9	54	62,8
BV149	73	60	70	65,6	71	59,9	62	64,1	48	54,1	49	55,9	57	63,5

*DND – dado não disponível

NA – não se aplica

Classificação ICE	Intervalo	Classificação IQA	Intervalo
Inaceitável	0 < ICE < 45	Muito ruim	0 < IQA < 25
Regular	46 < ICE < 65	Ruim	25 < IQA < 50
Aceitável	66 < ICE < 80	Médio	50 < IQA < 70
Bom	81 < ICE < 94	Bom	70 < IQA < 90
Excelente	95 < ICE < 100	Excelente	90 < IQA < 100

Apesar do comportamento entre os índices apresentar tendências similares nas estações e períodos analisados, ao se comparar qualitativamente os 101 conjunto de dados, ICE x IQA, verificou-se que apenas 21% encontram-se na mesma faixa correspondente de qualidade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas de monitoramento das águas superficiais avaliam a qualidade da oferta hídrica, geralmente, por meio de índices de qualidade. O mais utilizado no Brasil é o IQA, baseado na formulação da *National Sanitation Foundation*, que não permite avaliar o atendimento ao enquadramento vigente para os cursos d'água. Neste contexto, este trabalho aplicou o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido pelo *Canadian Council of the Ministers of the Environmental* e, na calha do Rio das Velhas. Intentou-se verificar o atendimento ao enquadramento vigente, bem como comparar os resultados do IQA disponibilizados pelo IGAM.

Com o uso da metodologia do ICE procurou-se apresentar a importância do acompanhamento do comportamento do rio ao longo do tempo e de sua calha em relação ao enquadramento, permitindo a identificação dos pontos que precisam de maior controle.

Como uma das vantagens do uso do índice tem-se a flexibilidade para a escolha dos parâmetros, pois não há limitação quanto ao número máximo nem o tipo de variável. A restrição do ICE refere-se à realização de um mínimo de quatro campanhas e a avaliação de um mínimo de quatro parâmetros em cada uma, deixando de ser calculável para menos de quatro campanhas. Ao mesmo tempo, a flexibilidade da escolha dos parâmetros pode implicar na definição inadequada e resultados distorcidos. Ao considerar variáveis que estejam sempre abaixo dos padrões de qualidade o resultado pode indicar erroneamente uma condição favorável ao corpo hídrico. É importante reconhecer os usos do solo e das águas e definir as variáveis por critérios técnicos de forma que seja avaliada a condição de qualidade do corpo hídrico e sua compatibilidade com enquadramento de valor legal. Além disso, a escolha dos parâmetros também se vincula à disponibilidade de dados de monitoramento.

De uma forma geral, os resultados do ICE para a calha do Rio das Velhas indicaram uma situação de afastamento do enquadramento vigente, apesar de demonstrar melhora gradual no período analisado. Constatou-se que os parâmetros que mais apresentaram desconformidades foram *E. coli*, manganês total, arsênio total e fósforo total que refletem os principais usos da bacia: aglomerados urbanos, mineração e agricultura/pecuária.

Ainda que os resultados do ICE nesse trabalho apontem características já conhecidas do Rio das Velhas, foi possível mostrar, para as estações analisadas, o grau de atendimento aos

objetivos de qualidade previstos no enquadramento. Os resultados podem significar que as ações de gerenciamento adotadas para melhorar a qualidade da água não estão sendo suficientes para atingir o efeito desejado ou que ações precisam ser efetivamente adotadas. Foi possível observar a influência do uso do solo na qualidade do corpo hídrico. Em pontos próximo a aglomerados urbanos, áreas de mineração e agricultura, os resultados apontaram índices mais baixos, reflexo do lançamento de efluentes sanitários e industriais e inadequado manejo do solo.

Dessa forma, ações precisam ser tomadas para a melhoria da qualidade da água da bacia do Rio das Velhas e o atendimento aos padrões deve ser encarado como prioritário pelos gestores. Deve-se priorizar as medidas de controle do uso do solo da bacia, objetivando a ocupação urbana ordenada, a proteção dos mananciais, controle mais efetivo das fontes de poluição de origem doméstica e industrial. Além de maiores investimentos em estações de tratamento de esgotos e avaliação do reenquadramento de trechos com metas de qualidade possíveis de serem atingidas. A participação e o envolvimento da sociedade é de suma importância no processo de recuperação e proteção dos cursos d'água.

A correlação entre o ICE e IQA deve ser mais estudada, pois a análise qualitativa da comparação entre os índices indicou interpretações distintas tendo em vista que as faixas de qualidade são diferentes. A escala de notas de qualidade do ICE é mais restritiva do que a escala de notas do IQA.

Por fim, para que o ICE seja utilizado como ferramenta de informação sobre a qualidade do curso d'água e do atendimento ao enquadramento e considerado relevante no processo decisório é necessária a padronização dos dados de monitoramento, a partir da escolha dos parâmetros que devem compor o índice.

8 RECOMENDAÇÕES

- Aplicar o índice utilizando outros parâmetros de qualidade da água e avaliar a sensibilidade do resultado para verificar a influência de determinado parâmetro;
- Incorporar a avaliação da influência sazonal, avaliando os períodos seco e chuvoso separadamente, a fim de verificar se os resultados do ICE na bacia diferem em razão das características hidrológicas;
- Avaliar estatisticamente os resultados a partir de testes de hipóteses para verificar as tendências de melhora ou piora em relação ao enquadramento proposto;
- Interpretar os resultados com base na evolução do uso e ocupação do solo na região estudada ao longo do tempo, por exemplo, com emprego de mapas temáticos,.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Enquadramento*. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-introducao.aspx>>. Acesso em: 18 jul.2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Caderno de recursos hídricos 5: Panorama do Enquadramento dos Corpos D'Água do Brasil*. Brasília, DF, 2007. 126p. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/estudos/Geo-Brasil-Recursos-Hidricos-Resumo-Executivo.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013*. Brasília, DF, 2007. 432p. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009*. Brasília, DF, 2010. 78p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2010*. Brasília, DF, 2011. 112p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2011*. Brasília, DF, 2012. 218p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2012*. Brasília, DF, 2013. 434p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2014*. Brasília, DF, 2015. 88p.

ALMEIDA, A. A. *Estudo Comparativo entre os Métodos IQA_{NSF} e IQA_{CCME} na Análise da Qualidade da Água do Rio Cuiabá*. 2007. 94p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, MT, 2007. Disponível em: <<http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/dissertacoes/95-alaide-alves-de-almeida/file>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

ALVES, M. T. R., TERESA, F. B., NABOUT, J. C. *A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions*. Acta Limnologica Brasiliensia, 2014, vol. 26, no. 3, p. 245-253. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300004>> Acesso 01 fev. 2017

AMARO, C, A. *Proposta de um Índice para a Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento*. 2009. 224p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo São Paulo, SP. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-121147/pt-br.php>>. Acesso em: 27abr. 2016.

BRASIL. *Decreto Federal Nº 24.643, de 10 de Julho de 1934*: Decreta o Código de Água. Brasília, DF, Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 02 mai. 2016.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 02 mai. 2016.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 02 mai. 2016.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm >. Acesso em: 03 mai. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução Nº 20, de 18 de Junho de 1986*. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2727>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução Nº 357/05, 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. Brasília, DF, 18 mar. 2005. n. 053, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução Nº 410/09, de 4 de maio de 2009*: Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=603>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução Nº 430/11, de 13 de maio de 2011*: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, CNRH. *Resolução Nº 91, de 05 de Novembro de 2008*: Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais e subterrâneos.. Brasília, DF, Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUÇÃO CNRH nº 91.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUÇÃO%20CNRH%20nº%2091.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2016.

CALAZANS, G. M. *Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba utilizando técnicas estatísticas multivariadas*. 211p. Dissertação (Mestrado) – Escola de

Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2015.

CCME - CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. *CCME Water Quality Index 1.0*. Ontário, Canadá: Conselho Canadense de Ministros do Ambiente. 2001. ISBN 1-896997-34-1.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE (CBH GRANDE). *A Bacia*. Disponível em: <http://www.grande.cbh.gov.br/Bacia.aspx>. Acesso em 07 ago. 2016.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA RIO DAS VELHAS (CBH VELHAS). *Apresentação*. Disponível em: <http://cbhvelhas.org.br/apresentacao/>. Acesso em: 04 fev. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Índices de Qualidade das Águas*. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/indices-de-qualidade-das-aguas/>. Acesso em: 31 jul. 2016.

CPRH – AGENCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. *Índice e indicadores de Qualidade da água – revisão da Literatura*. Disponível em <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf> Acesso 01 fev 2017.

DERÍSIO, J.C. *Introdução ao controle da poluição ambiental*. São Paulo: Editora da CETESB, 1992.

DINIZ, L. T. *Efetivação das metas de qualidade de águas superficiais no Brasil*. 2006. 163p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ECOPLAN ENGENHARIA E SKILL ENGENHARIA. *Atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Relatório 2A. Diagnóstico Geral. PDRH Rio das Velhas-2013-2014*. Porto Alegre, 2015.

FARIAS, T. *Introdução ao Direito Ambiental*. Belo Horizonte: Del Rey, 2009.

GRANZIERA, M.L.M. *Direito de Águas: disciplina jurídica das águas doces*. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2003.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Qualidade das águas superficiais em Minas Gerais – 2010*. 259p. Belo Horizonte, 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais -2013*. 259p. Belo Horizonte, 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais -2014*. 168p. Belo Horizonte, 2015.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Qualidade das águas superficiais em Minas Gerais – 2015: resumo executivo*. 179p. Belo Horizonte, 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Monitoramento da Água Superficial. Disponível em < <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/monitoramento/agua-superficial>> Acesso em 05 abr. 2017.

LIBANIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas/SP: Editora Átomo, 2016. 4ª edição. 638p

LUMB, A., HALLIWELL, D. & SHARMA, T. *Application of CCME Water Quality Index to Monitor Water Quality: A Case Study of the Mackenzie River Basin, Canada*. Environ Monit Assess (2006) 113: 411. Disponível em <10.1007/s10661-005-9092-6> Acesso em 25 jun. 2017.

MARQUES, M. N. DAUDE, L. F.; SOUZA, R. M. G. L., COTRIM, M. E. B. & PIRES, M. A. *Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento: um estudo de caso*. Exacta, São Paulo, v. 5, n. 1, p.47-55, 2007. Jan-jun. Disponível em: <http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3c50.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2017.

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, COPAM ; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, CERH. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 01/08, de 01 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. Belo Horizonte, MG , 20 mai. 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, COPAM. *Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999*:Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

MAZZINI, A. L. D. A. *Dicionário educativo de termos ambientais*. 4ª edição – Belo Horizonte: A.L.D. Amorim Mazzini, 2008.604p

MOSTAFAEI, A. *Application of Multivariate Statistical Methods and Water-Quality Index to Evaluation of Water Quality in the Kashkan River*. Environmental Management (2014) 53: 865. Disponível em <10.1007/s00267-014-0238-6> Acesso em 25 jun. 2017.

OLIVEIRA, I. B.; ALMEIDA R. A. S.; NEGRÃO, F. I. & BERETTA, M. *Avaliação da Qualidade da Água do Aquífero Sedimentar do Estado da Bahia Utilizando os Índices de Qualidade IQNAS E CCME WQI*. Anais. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Abas Bonito, MS. 2012. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27681>>. Acesso em 02 fev. 2017.

OTT, W. R. *Environmental Indices: theory and practice*. Michigan: Ann Arbor Science, 1978

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (PDRH RIO DAS VELHAS. *Resumo Executivo*. Belo Horizonte, 2015. 233p.

POONAM, T; TANUSHREE, B.; SUKALYAN C. *Water quality indices- important tools for water quality assessment: a review*. International Journal of Advances in Chemistry (IJAC) Vol.1, No.1, November 2015 DOI: 10.5121/ijac.2015.1102 15 . disponível em <<http://airccse.com/ijac/papers/1115ijac02.pdf>> Acesso 01 fev 2017.

PORTO, M. F. A. *Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro*. 2002. 131p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PROCÓPIO, L, C. *Análise dos Requisitos Institucionais para Implementação do Enquadramento de Corpos D'água no Estado do Rio de Janeiro*. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2011. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/LorenaCostaProcopio.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2016.

RODRIGUES, R. B. *Gestão de Recursos Hídricos*. Portal de Ecologia Aquática, Departamento de Ecologia, IB, USP. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=423 . Acesso em: 01 ago. 2016.

SÃO PAULO. Decreto nº 24.806, de 25 de julho 1955: Regulamenta as leis ns.2.182, de 23 de julho de 1953, e 3.068, de 14 de julho de 1955. São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1955/decreto-24806-25.07.1955.html>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

SÃO PAULO. *Lei Nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991*: Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

TRINDADE, A.L.C. *Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio São Francisco*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2013. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1037M.PDF>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

von SPERLING, M. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos* (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

APÊNDICE I

Relação dos principais índices internacionais para avaliação da qualidade da água

Tabela I.1 – Relação dos principais índices internacionais para avaliação da qualidade da água

Identificação do Índice	Autor	Descrição
Índice de Estado Trófico (IET)	Carlson, 1977	Definição de índice do estado trófico, usando uma transformação linear da transparência pelo disco de Secchi, que avalia a concentração de biomassa. Além da transparência, o índice pode ser expresso em função das concentrações de fósforo e clorofila “a”.
Índice de Estado Trófico Modificado (IET _M)	Toledo et al., 1984	IET incluindo ortofosfato solúvel.
Curva probabilística do estado trófico	Salas & Martino, 1991 Vollenweider, 1976 Walker, 1977	Modelos matemáticos baseados na concentração de fósforo
Índice de Horton	Horton, 1965	Utiliza 8 parâmetros de qualidade (OD, pH, coliformes fecais, alcalinidade, cloreto, condutividade, “tratamento de esgoto” e Carbono Cloriforme Extraído) e atribuiu a cada um deles um peso variando de 1 a 4. O cálculo consiste em um somatório ponderado de subíndices, divididos pelo somatório dos pesos multiplicado por dois coeficientes que considera, a temperatura e a poluição evidente de um curso d’água
Índice de qualidade da água da NSF (IQA-NSF) National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI)	Brown et al., 1970 Landwehr & Deininger, 1976	Utiliza 9 parâmetros (OD, Coliformes fecais, PH, DBO, temperatura, Fosfato total, nitrato, Turbidez e Sólidos totais) definidos por um grupo de especialistas (técnica Delphi) que indicaram quais as variáveis, o peso relativo e a condição em que se apresentava cada uma delas.
Índice de Toxidez	Brown et al, 1970	Complementar ao IQA-NSF indica a presença (valor zero) ou ausência (valor 1) de algum dos seguintes metais cádmio, chumbo, cobre,mercúrio, "cromo total", níquel e zinco.
Índice de Prati	Prati et al, 1971	Utilizadas equações lineares para os parâmetros: DBO5, DQO e manganês; funções não lineares para: sólidos em suspensão, amônia, nitrato e ferro; e para os demais parâmetros (OD, pH, aço, cloretos e surfactantes) foram utilizadas uma série de outras equações definidas em função de diferentes limites de variação de cada parâmetro, resultando em equações não lineares. O índice é calculado como a média aritmética dos 13 subíndices. É um índice crescente que varia de 0 a 14, quanto maior for o seu valor, pior a poluição.
Índice de Dinius (DWQI)	Dinius, 1972	O índice inclui 11 parâmetros (OD, DQO, coliformes total e fecal condutividade específica, cloreto, dureza, alcalinidade, pH, temperatura e cor) e é baseado no somatório ponderado de subíndices, determinados através de funções matemáticas, sendo que cada um deles foi desenvolvido a partir de pesquisa na literatura científica.
Índice de Smith	Smith, 1987	Índice geral para uso específico de qualidade de água, cuja elaboração baseou-se na metodologia Delphi, seguindo uma forma não ponderada, pois considera igualdade de importância entre os parâmetros que entra no cálculo do IQA.
Oregon Water Quality Index (OWQI)	Oregon Department of Environmental Quality (ODEQ), 1970s	expressa a qualidade da água através da integração de medidas de oito Variáveis, fornece a qualidade da água para uso recreativo em geral. As variáveis incluídas no OWQI são Temperatura, oxigênio dissolvido (porcentagem de saturação e concentração), DBO, pH, Sólidos totais, amônia, nitrato, fósforo total e bactérias.

Identificação do Índice	Autor	Descrição
Bhargava method	Bhargava, 1983	Modelo simplificado baseado no uso de 4 grupos de parâmetros: (1) incluiu as concentrações de organismos coliformes para representar qualidade da água potável; (2) incluiu tóxicos, metais pesados, etc; (3) incluiu parâmetros que causam efeitos físicos, tais como odor, cor e turvação e (4) incluiu as substâncias inorgânicas e orgânicas não tóxicas tais como cloreto, sulfato, etc.
British Columbia Water quality Index (BCWQI)	Canadian Ministry of Environment in 1995	Semelhante ao CCMEWQI, ele fornece a possibilidade de fazer uma classificação com base em todos os parâmetros de medição existentes. Quanto maior o número de amostragens, maior a precisão deste índice.
Water Quality Index (WQI)	Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)	É uma ferramenta de comunicação baseada em teste multivariável de dados de qualidade da água em relação a uma referência determinado pelo usuário.
Overall Index of Pollution (OIP)	Sargaonkeret al. at National Environmental Engineering Research Institute (NEERI),	Baseado nos parâmetros pH, turbidez, OD, DBO, dureza, Sólidos totais dissolvidos, coliformes totais, arsênio e flúor, categorizando entre excelente, aceitável, ligeiramente poluído, poluído e fortemente poluído, de acordo com padrões internacionais.
The River Ganga Index	Central Water Pollution Board	O índice teve a forma de multiplicação ponderada e baseado no NSFQI com modificações em termos de pesos de acordo com os critérios de qualidade da água para categorias de usos, tal como estabelecido pela Central Water Pollution Board, Índia. O índice foi desenvolvido para avaliar o perfil de qualidade da água do rio Ganga em todo o seu trecho e identificar áreas que demandavam medidas urgentes de controle da poluição.
Contamination index (CI)	Environmental Protection Agency (EPA)	O CI representa a soma dos fatores individuais daqueles componentes que excedem os valores permitidos, como estabelecido pela EPA. Este método torna possível avaliar e mapear o grau de contaminação das águas subterrâneas. Ele leva em conta elementos de íons e espécies que exceder os limites admissíveis para a saúde humana.
Critério de qualidade da água baseado em indicadores de qualidade estética	Silva, 2000.	Avaliação entre qualidade boa, aceitável ou má em relação à presença de Óleos Minerais, Espuma agentes tensoativos e Alcatrões
Critério de qualidade da água baseado em indicadores de poluição orgânica e bacteriológica	Silva, 2000.	Avaliação entre qualidade boa, aceitável ou má em relação à presença de coliformes fecais e totais.
Critério de qualidade da água baseado em indicadores de estado trófico	Silva, 2000.	Avaliação variando de Oligotróficas, Mesotróficas ou Eutróficas em função dos valores de Nitrogênio Total, Fósforo Total e Clorofila "a".
Índice de O' Connor sustentação da vida selvagem e peixes (FAWL) e abastecimento público (PWS) após o tratamentonecessário	O'CONNOR 1972	Utilizando o método Delphi resultou na seleção de 9 parâmetros para o índice FAWL e 13 para o PWS, com os respectivos pesos atribuídos. Os índices de O' Connor são calculados utilizando uma forma de agregação aditiva ponderada dos subíndices. Concluiu que o IQA-NSF poderia ser considerado como uma média ponderada de diversos índices de uso específico.

Identificação do Índice	Autor	Descrição
Índice de Deininger e Landwehr	Deininger e Landwehr, 1974	Propôs um índice de uso específico para abastecimento público. Metodologia utilizada foi bastante similar a utilizada por BROWN et al. (1970) no desenvolvimento do IQA-NSF. No total 14 parâmetros foram selecionados, recebendo notas de 0 a 100 sendo 7 variáveis comuns as do IQA-NSF e calculados considerando duas funções de agregação: aditiva e geométrica. Concluíram, que o desenvolvimento de índices de uso específico não parecia orientar de forma diferenciada sobre a qualidade da água do que já faziam os índices de uso geral.
Índice de Walski e Parker	Walski e Parker, 1974	Índice de uso específico para determinação da qualidade da água para uso recreacional. Foram selecionados 12 parâmetros divididos em 4 categorias: (1) Aquelas que afetam a vida aquática (OD, pH, temperatura, etc.); (2) Aquelas que afetam a saúde (Coliformes Fecais, etc.); (3) Aquelas que afetam o tato e odor (número de odor); (4) Aquelas que afetam a aparência da água (turbidez, graxas e óleos). Os subíndices são determinados por funções explícitas não linear e segmentos não lineares e média geométrica.
Índice de Stoner		Índice de uso específico para acomodar dois usos da água, abastecimento público e irrigação, alterando apenas as equações dos subíndices e variando os pesos atribuídos a cada parâmetro variando de Tipo I (tóxicas) e Tipo II (afetam a saúde ou características estéticas da água).
Índice de Nemerow e Sumitomo		Composto por três índices de uso específico, denominados: uso para contato humano direto: beber e nadar; uso para contato indireto: pesca, agricultura e processamento de alimento; uso para contato remoto: navegação, refrigeração industrial e algumas atividades de recreação. Foi recomendada pelos pesquisadores a utilização de 14 parâmetros: OD, Coliforme fecal, pH, Nitrogênio Total, Alcalinidade, Temperatura, Turbidez, Sólidos Dissolvidos, Sólidos em Suspensão, Cor, Dureza, Cloretos, Sulfatos e Metais (Ferro e Manganês). O índice de qualidade geral proposto é obtido através do somatório ponderado dos três índices de uso específico.
Índices de Mitre	MITRE Corporation e EPA	PDI – <i>Prevalence Duration Intensity Index</i> , indica o status da qualidade da água em uma determinada área, considerando prevalência, duração e intensidade da poluição. NPPI – <i>National Planning Priority Index</i> , foi desenvolvido com o intuito de auxiliar o governo a estabelecer prioridades para aplicação de recursos PAI – <i>Priority Action Index</i> , estabelece um critério quantitativo e guiar esforços nacionais para reduzir a poluição das águas, estabelecendo prioridades de ação.
Índice de Inhaber	Herbert Inhaber, 1974	Índice de Qualidade Ambiental (EQI) para o Canadá, que incluía três índices: qualidade do ar, qualidade da água e qualidade do solo.
Índice de Zoeteman	Zoeteman, 1973	Denominado <i>Pollution Potencial Index</i> (PPI), não é baseado em parâmetros de qualidade de água e sim, em fatores indiretos, assumidos como sendo responsáveis pela poluição.

Fonte: Adaptado de CPRH, 2003 e Poonam et al, 2015

Apêndice II

Planilha exemplo com os dados utilizados para o cálculo do ICE para a estação

BV013 – Capítulo 7

ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada				Dados de cálculo		
Parâmetros	DATA	RESULTADO	PADRÃO	DESCONFORMIDADE	VARIAÇÃO 1	PARÂM. DESCONFORME
DBO	14/01/2015	2	5	0	0	NÃO
DBO	08/04/2015	2	5	0	0	
DBO	08/07/2015	2	5	0	0	
DBO	07/10/2015	2	5	0	0	
E coli / coliformes	14/01/2015	573,1	1000	0	0	SIM
E coli / coliformes	08/04/2015	1785,3	1000	1	0,7853	
E coli / coliformes	08/07/2015	553,9	1000	0	0	
E coli / coliformes	07/10/2015	230,7	1000	0	0	
Ferro dissolvido	14/01/2015	0,319	0,3	1	0,0633333	SIM
Ferro dissolvido	08/04/2015	0,1993	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	08/07/2015	0,269	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	07/10/2015	0,1896	0,3	0	0	
Fósforo Total	14/01/2015	0,03	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	08/04/2015	0,03	0,10	0	0	
Fósforo Total	08/07/2015	0,06	0,10	0	0	
Fósforo Total	07/10/2015	0,04	0,10	0	0	
Manganês Total	14/01/2015	0,0931	0,1	0	0	SIM
Manganês Total	08/04/2015	0,325	0,1	1	2,25	
Manganês Total	08/07/2015	0,14	0,1	1	0,4	
Manganês Total	07/10/2015	0,285	0,1	1	1,85	
OD	14/01/2015	7	5	0	0	NÃO
OD	08/04/2015	7,4	5	0	0	
OD	08/07/2015	8,8	5	0	0	
OD	07/10/2015	7,7	5	0	0	
Turbidez	14/01/2015	7,71	100	0	0	NÃO
Turbidez	08/04/2015	19,4	100	0	0	
Turbidez	08/07/2015	4,02	100	0	0	
Turbidez	07/10/2015	6,53	100	0	0	
Arsênio	14/01/2015	0,001	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	08/04/2015	0,00155	0,01	0	0	
Arsênio	08/07/2015	0,001	0,01	0	0	
Arsênio	07/10/2015	0,00147	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	14/01/2015	9	100	0	0	NÃO
Sólidos Suspensão	08/04/2015	36	100	0	0	
Sólidos Suspensão	08/07/2015	11	100	0	0	
Sólidos Suspensão	07/10/2015	30	100	0	0	
DBO	15/01/2014	2	5	0	0	NÃO
DBO	07/04/2014	2	5	0	0	
DBO	09/07/2014	2	5	0	0	

DBO	01/10/2014	2	5	0	0	
ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada			Dados de cálculo			
E coli / coliformes	15/01/2014	330	1000	0	0	NÃO
E coli / coliformes	07/04/2014	700	1000	0	0	
E coli / coliformes	09/07/2014	200	1000	0	0	
E coli / coliformes	01/10/2014	202	1000	0	0	
Ferro dissolvido	15/01/2014	0,0926	0,3	0	0	NÃO
Ferro dissolvido	07/04/2014	0,0421	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	09/07/2014	0,1639	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	01/10/2014	0,226	0,3	0	0	
Fósforo Total	15/01/2014	0,02	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	07/04/2014	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	09/07/2014	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	01/10/2014	0,02	0,10	0	0	
Manganês Total	15/01/2014	0,3	0,1	1	2	SIM
Manganês Total	07/04/2014	0,177	0,1	1	0,77	
Manganês Total	09/07/2014	0,191	0,1	1	0,91	
Manganês Total	01/10/2014	0,15	0,1	1	0,5	
OD	15/01/2014	7,2	5	0	0	NÃO
OD	07/04/2014	7,5	5	0	0	
OD	09/07/2014	7,9	5	0	0	
OD	01/10/2014	6,9	5	0	0	
Turbidez	15/01/2014	25,3	100	0	0	NÃO
Turbidez	07/04/2014	10,4	100	0	0	
Turbidez	09/07/2014	4,2	100	0	0	
Turbidez	01/10/2014	7,23	100	0	0	
Arsênio	15/01/2014	0,001	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	07/04/2014	0,0012	0,01	0	0	
Arsênio	09/07/2014	0,001	0,01	0	0	
Arsênio	01/10/2014	0,00165	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	15/01/2014	38	100	0	0	NÃO
Sólidos Suspensão	07/04/2014	24	100	0	0	
Sólidos Suspensão	09/07/2014	2	100	0	0	
Sólidos Suspensão	01/10/2014	7	100	0	0	
DBO	16/01/2013	4,5	5	0	0	NÃO
DBO	04/04/2013	2	5	0	0	
DBO	03/07/2013	2	5	0	0	
DBO	02/10/2013	2	5	0	0	
E coli / coliformes	16/01/2013	13000	1000	1	12	SIM
E coli / coliformes	04/04/2013	1700	1000	1	0,7	
E coli / coliformes	03/07/2013	790	1000	0	0	
E coli / coliformes	02/10/2013	1400	1000	1	0,4	

ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada				Dados de cálculo		
Ferro dissolvido	16/01/2013	0,1522	0,3	0	0	NÃO
Ferro dissolvido	04/04/2013	0,0744	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	03/07/2013	0,0723	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	02/10/2013	0,25665	0,3	0	0	
Fósforo Total	16/01/2013	0,05	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	04/04/2013	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	03/07/2013	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	02/10/2013	0,02	0,10	0	0	
Manganês Total	16/01/2013	0,5	0,1	1	4	SIM
Manganês Total	04/04/2013	0,253	0,1	1	1,53	
Manganês Total	03/07/2013	0,237	0,1	1	1,37	
Manganês Total	02/10/2013	0,14841	0,1	1	0,4840835	
OD	16/01/2013	7,3	5	0	0	NÃO
OD	04/04/2013	7,1	5	0	0	
OD	03/07/2013	8,1	5	0	0	
OD	02/10/2013	7,4	5	0	0	
Turbidez	16/01/2013	32,6	100	0	0	NÃO
Turbidez	04/04/2013	22,5	100	0	0	
Turbidez	03/07/2013	16,5	100	0	0	
Turbidez	02/10/2013	22,2	100	0	0	
Arsênio	16/01/2013	0,00346	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	04/04/2013	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	03/07/2013	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	02/10/2013	0,001	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	16/01/2013	161	100	1	0,61	SIM
Sólidos Suspensão	04/04/2013	34	100	0	0	
Sólidos Suspensão	03/07/2013	16	100	0	0	
Sólidos Suspensão	02/10/2013	34	100	0	0	
DBO	17/01/2012	2	5	0	0	NÃO
DBO	11/04/2012	2	5	0	0	
DBO	10/07/2012	2	5	0	0	
DBO	02/10/2012	2	5	0	0	
E coli / coliformes	17/01/2012	8000	1000	1	7	SIM
E coli / coliformes	11/04/2012	500	1000	0	0	
E coli / coliformes	10/07/2012	300	1000	0	0	
E coli / coliformes	02/10/2012	490	1000	0	0	
Ferro dissolvido	17/01/2012	0,3	0,3	0	0	NÃO
Ferro dissolvido	11/04/2012	0,1495	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	10/07/2012	0,1113	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	02/10/2012	0,1125	0,3	0	0	

ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada				Dados de cálculo		
Fósforo Total	17/01/2012	0,04	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	11/04/2012	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	10/07/2012	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	02/10/2012	0,02	0,10	0	0	
Manganês Total	17/01/2012	0,596	0,1	1	4,96	SIM
Manganês Total	11/04/2012	0,1367	0,1	1	0,367	
Manganês Total	10/07/2012	0,0916	0,1	0	0	
Manganês Total	02/10/2012	0,2117	0,1	1	1,117	
OD	17/01/2012	7,5	5	0	0	NÃO
OD	11/04/2012	7,1	5	0	0	
OD	10/07/2012	7,8	5	0	0	
OD	02/10/2012	8,1	5	0	0	
Turbidez	17/01/2012	28,2	100	0	0	NÃO
Turbidez	11/04/2012	12,8	100	0	0	
Turbidez	10/07/2012	5,38	100	0	0	
Turbidez	02/10/2012	7,96	100	0	0	
Arsênio	17/01/2012	0,00542	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	11/04/2012	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	10/07/2012	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	02/10/2012	0,0003	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	17/01/2012	126	100	1	0,26	SIM
Sólidos Suspensão	11/04/2012	9	100	0	0	
Sólidos Suspensão	10/07/2012	14	100	0	0	
Sólidos Suspensão	02/10/2012	11	100	0	0	
DBO	18/01/2011	2	5	0	0	NÃO
DBO	06/04/2011	2	5	0	0	
DBO	06/07/2011	2	5	0	0	
DBO	04/10/2011	2	5	0	0	
E coli / coliformes	18/01/2011	5000	1000	1	4	SIM
E coli / coliformes	06/04/2011	90000	1000	1	89	
E coli / coliformes	06/07/2011	280	1000	0	0	
E coli / coliformes	04/10/2011	2200	1000	1	1,2	
Ferro dissolvido	18/01/2011	0,335	0,3	1	0,1166667	SIM
Ferro dissolvido	06/04/2011	0,1375	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	06/07/2011	0,1581	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	04/10/2011	0,1795	0,3	0	0	
Fósforo Total	18/01/2011	0,08	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	06/04/2011	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	06/07/2011	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	04/10/2011	0,04	0,10	0	0	

ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada				Dados de cálculo		
Manganês Total	18/01/2011	0,581	0,1	1	4,81	SIM
Manganês Total	06/04/2011	1,323	0,1	1	12,23	
Manganês Total	06/07/2011	0,0842	0,1	0	0	
Manganês Total	04/10/2011	0,2079	0,1	1	1,079	
OD	18/01/2011	7	5	0	0	NÃO
OD	06/04/2011	7,6	5	0	0	
OD	06/07/2011	7,9	5	0	0	
OD	04/10/2011	7,6	5	0	0	
Turbidez	18/01/2011	88,2	100	0	0	SIM
Turbidez	06/04/2011	185	100	1	0,85	
Turbidez	06/07/2011	3,47	100	0	0	
Turbidez	04/10/2011	6,84	100	0	0	
Arsênio	18/01/2011	0,0039	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	06/04/2011	0,00866	0,01	0	0	
Arsênio	06/07/2011	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	04/10/2011	0,0003	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	18/01/2011	163	100	1	0,63	SIM
Sólidos Suspensão	06/04/2011	286	100	1	1,86	
Sólidos Suspensão	06/07/2011	4	100	0	0	
Sólidos Suspensão	04/10/2011	8	100	0	0	
DBO	12/01/2010	2	5	0	0	NÃO
DBO	07/04/2010	2	5	0	0	
DBO	06/07/2010	2	5	0	0	
DBO	06/10/2010	2	5	0	0	
E coli / coliformes	12/01/2010	700	1000	0	0	SIM
E coli / coliformes	07/04/2010	24000	1000	1	23	
E coli / coliformes	06/07/2010	30	1000	0	0	
E coli / coliformes	06/10/2010	22000	1000	1	21	
Ferro dissolvido	12/01/2010	0,0729	0,3	0	0	NÃO
Ferro dissolvido	07/04/2010	0,0798	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	06/07/2010	0,1567	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	06/10/2010	0,2106	0,3	0	0	
Fósforo Total	12/01/2010	0,03	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	07/04/2010	0,03	0,10	0	0	
Fósforo Total	06/07/2010	0,02	0,10	0	0	
Fósforo Total	06/10/2010	0,02	0,10	0	0	
Manganês Total	12/01/2010	0,921	0,1	1	8,21	SIM
Manganês Total	07/04/2010	0,611	0,1	1	5,11	
Manganês Total	06/07/2010	0,0942	0,1	0	0	
Manganês Total	06/10/2010	0,2265	0,1	1	1,265	

ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada				Dados de cálculo		
OD	12/01/2010	7,3	5	0	0	NÃO
OD	07/04/2010	7,5	5	0	0	
OD	06/07/2010	7,8	5	0	0	
OD	06/10/2010	6,7	5	0	0	
Turbidez	12/01/2010	97,6	100	0	0	SIM
Turbidez	07/04/2010	771	100	1	6,71	
Turbidez	06/07/2010	3,79	100	0	0	
Turbidez	07/10/2010	15,9	100	0	0	
Arsênio	12/01/2010	0,00545	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	07/04/2010	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	06/07/2010	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	06/10/2010	0,0003	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	12/01/2010	147	100	1	0,47	SIM
Sólidos Suspensão	07/04/2010	117	100	1	0,17	
Sólidos Suspensão	06/07/2010	4	100	0	0	
Sólidos Suspensão	06/10/2010	13	100	0	0	
DBO	14/01/2009	2	5	0	0	NÃO
DBO	08/04/2009	2	5	0	0	
DBO	07/07/2009	2	5	0	0	
DBO	01/10/2009	2	5	0	0	
E coli / coliformes	14/01/2009	11000	1000	1	10	SIM
E coli / coliformes	08/04/2009	1700	1000	1	0,7	
E coli / coliformes	07/07/2009	80	1000	0	0	
E coli / coliformes	01/10/2009	8000	1000	1	7	
Ferro dissolvido	14/01/2009	0,18	0,3	0	0	NÃO
Ferro dissolvido	08/04/2009	0,06	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	07/07/2009	0,08	0,3	0	0	
Ferro dissolvido	01/10/2009	0,12	0,3	0	0	
Fósforo Total	14/01/2009	0,07	0,10	0	0	NÃO
Fósforo Total	08/04/2009	0,04	0,10	0	0	
Fósforo Total	07/07/2009	0,01	0,10	0	0	
Fósforo Total	01/10/2009	0,01	0,10	0	0	
Manganês Total	14/01/2009	0,599	0,1	1	4,99	SIM
Manganês Total	08/04/2009	0,303	0,1	1	2,03	
Manganês Total	07/07/2009	0,0826	0,1	0	0	
Manganês Total	01/10/2009	2,046	0,1	1	19,46	
OD	14/01/2009	7,1	5	0	0	NÃO
OD	08/04/2009	7,2	5	0	0	
OD	07/07/2009	7,7	5	0	0	
OD	01/10/2009	7,5	5	0	0	

ESTAÇÃO:	BV013 - Rio das Velhas a montante da foz do Rio Itabirito					
CLASSE:	Classe 2					
Dados de entrada				Dados de cálculo		
Turbidez	14/01/2009	68,4	100	0	0	SIM
Turbidez	08/04/2009	105	100	1	0,05	
Turbidez	07/07/2009	6,71	100	0	0	
Turbidez	01/10/2009	263	100	1	1,63	
Arsênio	14/01/2009	0,000725	0,01	0	0	NÃO
Arsênio	08/04/2009	0,00051	0,01	0	0	
Arsênio	07/07/2009	0,0003	0,01	0	0	
Arsênio	01/10/2009	0,00855	0,01	0	0	
Sólidos Suspensão	14/01/2009	111	100	1	0,11	SIM
Sólidos Suspensão	08/04/2009	46	100	0	0	
Sólidos Suspensão	07/07/2009	5	100	0	0	
Sólidos Suspensão	01/10/2009	330	100	1	2,3	