



Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas



Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos
PROFÁGUA

Jeam Marcel Pinto de Alcântara

**Análise hidro-espacial da rede de monitoramento da bacia hidrográfica do
rio Itabirito: discussões e proposições sobre as influências do uso e ocupação
do solo no gerenciamento hídrico**



Itabira - Minas Gerais

2023

Jeam Marcel Pinto de Alcântara

Análise hidro-espacial da rede de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Itabirito: discussões e proposições sobre as influências do uso e ocupação do solo no gerenciamento hídrico

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Linha de Pesquisa: Metodologias para Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.

Aprovada em: 07/07/2023.

Orientador (a) (es): Prof. Dr. Roberto César de Almeida Monte-Mor

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Anderson de Assis Morais

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

Prof.^a Dr.^a. Paula Peixoto Assemany

Universidade Federal de Lavras

Itabira – Minas Gerais

2023

DEDICATÓRIA

Toda Honra e Glória ao Senhor Jesus! À Jeanne Marcelly, meu anjinho que está no jardim do PAI, logo voltaremos a estar juntos novamente!

AGRADECIMENTOS

À minha esposa e companheira de todos os momentos, Kezzia, sempre me apoiando e dando forças, vencendo juntos todos os projetos de nossas vidas.

Ao meu filho Thalles Marcel, minha força e meu vigor, que move a minha vontade de continuar caminhando e prosseguindo a ser exemplo de homem e pai.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

As muitas águas não podem apagar este amor, nem os rios afogá-lo; ainda que alguém desse todos os bens de sua casa pelo amor, certamente o desprezariam.

Cânticos 8:7

RESUMO

ALCÂNTARA, Jean Marcel Pinto. **Análise hidro-espacial da rede de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Itabirito: discussões e proposições sobre as influências do uso e ocupação do solo no gerenciamento hídrico.** 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2023.

A bacia hidrográfica do rio das Velhas está localizada na região central do Estado de Minas Gerais, abrange total ou parcialmente 51 municípios, e uma população total de 4.403.860 de habitantes, que representa 24,7% da população do estado. A região hidrográfica do Alto Rio das Velhas é considerada de alta complexidade, no que tange às pressões e fragilidades socioambientais, marcada por interesses conflitantes no processo de gestão do território, em detrimento das políticas de recursos hídricos. A concentração de atividades econômicas, expansão urbana, industrial e atividades minerárias, convergente à área de contribuição do manancial de captação do rio das Velhas, demonstra a vulnerabilidade do sistema, por ser a fiação d'água. A bacia do rio Itabirito é a principal área de contribuição para o Alto Rio das Velhas em termos de quantidade de água, contudo, considerando os aspectos qualitativos, possui diversas interferências associadas às formas de uso e ocupação do solo, fazendo com que a qualidade seja deteriorada consideravelmente, afetando diretamente o sistema de abastecimento público da RMBH. Neste sentido, o território possui grande relevância estratégica, tanto no âmbito ambiental, sendo um território “produtor de água”, como de cunho social, econômico e político para bacia do rio das Velhas como um todo. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo identificar os pontos de maior criticidade na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Itabirito, analisando de forma integrada os dados de uso e ocupação do solo e do sistema de monitoramento realizado pela IGAM, considerando os dados de qualidade da água no período entre 2005 a 2021. Para tanto, foram realizadas avaliações geoespaciais, integrando o mapa de uso e ocupação do solo com o método da estatística multivariada, aplicando conjuntamente Análise dos Componentes Principais e Análise de Cluster, verificando também as violações ocorridas no âmbito da Resolução CONAMA n.º 357/2005. Os resultados apontaram que as variáveis de maior relevância na variabilidade foram: Cloreto Total, DBO, Fósforo Total, Ferro Dissolvido, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal Total, Sólidos Dissolvidos Totais e Turbidez, que possuem maior similaridade com a Estação BV 035 (Jusante da Cidade de Itabirito), estando associadas à lançamentos de esgotos domésticos e industriais, bem como do escoamento superficial, proveniente dos processos erosivos e da mineração. Por fim, elaborou-se um plano de ação com medidas estruturais e estruturantes para o aprimoramento do sistema de gerenciamento da bacia.

Palavras-chave: Criticidade. Qualidade da água. Análise Multivariada. Plano de Ações.

ABSTRACT

ALCÂNTARA, Jean Marcel Pinto. **Hydro-spatial analysis of the monitoring network of the Itabirito river basin: discussions and propositions on the influences of land use and occupation in water management.** 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2022.

The das Velhas river basin is located in the central region of the State of Minas Gerais, encompasses, in whole or in part, 51 municipalities, and a total population of 4,403,860 inhabitants, which represents 24.7% of the state's population. The hydrographic region of Alto Rio das Velhas is considered highly complex, in terms of socio-environmental pressures and weaknesses, marked by conflicting interests in the territory management process, to the detriment of water resources policies. The concentration of economic activities, urban expansion, industrial and mining activities, converging with the contribution area of the source of the Velhas River, demonstrates the vulnerability of the system, as it is a run-of-river. The Itabirito river basin is the main contribution area for the Velhas river in terms of water quantity, however, considering the qualitative aspects, it has several interferences associated with the forms of land use and occupation, causing the quality to deteriorate considerably, directly affecting the public supply system of the RMBH. In this sense, the territory has great strategic relevance, both in the environmental scope, being a “water producer” territory, and of a social, economic and political nature for the Velhas river basin as a whole. In view of the above, this work aimed to identify the most critical points in the water quality of the Itabirito river basin, analyzing in an integrated way the land use and occupation data and the monitoring system carried out by IGAM, considering the water quality data in the period between 2005 and 2021. For this purpose, geospatial evaluations were carried out, correlating land use and occupation map with the multivariate statistical method, jointly applying Principal Component Analysis and Cluster Analysis, also verifying the violations that occurred within the scope of CONAMA Resolution No. 357/2005. The results showed that the most relevant variables in the variability were: Total Chloride, BOD, Total Phosphorus, Nitrite, Total Ammoniacal Nitrogen, Total Dissolved Solids and Turbidity, which have greater similarity with the BV 035 Station (Downstream of the City of Itabirito), being associated with the release of domestic and industrial sewage, as well as surface runoff from erosion and mining processes. Finally, an action plan was drawn up with structural and structuring measures to improve the basin's management system.

Keywords: Criticality. Water quality. Multivariate analysis. Action Plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Localização da bacia do rio das Velhas, no contexto da bacia do rio São Francisco e no Estado de Minas Gerais.....	17
Figura 2:	Delimitação das regiões hidrográficas e das UTE's na bacia do rio das Velhas.....	19
Figura 3:	Área de contribuição do Alto Rio das Velhas para captação do Sistema Rio das Velhas.....	21
Figura 4:	Mapa da UTE Rio Itabirito.....	22
Figura 5:	Disponibilidades hídricas, consumos e demandas (média e no mês de maior demanda) para UTE Rio Itabirito.....	24
Figura 6:	Elevada turbidez do rio Itabirito no período de estiagem (19/07/19) no perímetro urbano do município.....	25
Figura 7:	Encontro do rio Itabirito (a esquerda) com o rio das Velhas (a direita).....	26
Figura 8:	Esquematização do processo analítico de um sistema de monitoramento.....	32
Figura 9:	Exemplo das influências do uso e ocupação do solo na qualidade das águas.....	44
Figura 10:	Fluxograma com os procedimentos metodológicos da pesquisa.....	48
Figura 11:	Mapa Geológico da UTE Rio Itabirito.....	50
Figura 12:	Mapa Geomorfológico da UTE Rio Itabirito.....	51
Figura 13:	Mapa Pedológico da UTE Rio Itabirito.....	52
Figura 14:	Geoespacialização dos pontos de monitoramento do IGAM na UTE Rio Itabirito.....	58
Figura 15:	Diagrama com a estrutura dos resultados e discussões.....	61
Figura 16:	Mapa de uso e ocupação do solo UTE Rio Itabirito.....	62
Figura 17:	Variáveis e pontos de monitoramento com maior representatividade na ACP	65
Figura 18:	Dendograma com agrupamento das 6 estações de monitoramento referente à análise de Cluster.....	68
Figura 19:	Síntese da análise integrada de forma espacializada.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Síntese das variáveis física e químicas, associadas às principais fontes poluidoras de acordo com uso e ocupação do solo.....	34
Quadro 2:	Frequência de amostragem para identificação de carga poluidora em eventos de precipitação, de acordo com o grau de impermeabilização da bacia.....	40
Quadro 3:	Densidade mínima de estações hidrometeorológicas recomendadas em zonas tropicais.....	40
Quadro 4:	Estações da rede de monitoramento na UTE Rio Itabirito.....	57
Quadro 5:	Principais classes de uso e ocupação da UTE Rio Itabirito.....	63
Quadro 6:	Atividades industriais licenciadas na sede urbana de Itabirito.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Disponibilidade hídrica superficial nas UTE's que contribuem para o Sistema Rio das Velhas.....	23
Tabela 2:	Características do satélite CBERS 4A.....	60
Tabela 3:	Variância acumulada dos componentes principais.....	64
Tabela 4:	Dados da Análise dos Componentes Principais.....	66
Tabela 5:	Percentuais de violações por variável.....	69
Tabela 6:	Total de desconformidades para cada ponto de monitoramento.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise dos Componentes Principais
ANA	Agência Nacional de Águas
AC	Análise de Cluster
CBH	Comitê da Bacia Hidrográfica
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Sanamento de Minas Gerais
CP	Componentes Principais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IAP	Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público
IB	Índice de Balneabilidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	Índice de Estado Trófico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IVA	Preservação da Vida Aquática
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QMLP	Vazão Média de Longo Período
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIAM	Sistema de Informação Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UC	Unidade de Conservação
UTE	Unidade Territorial Estratégica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1.	Contextualização da relevância da sub-bacia hidrográfica do rio Itabirito para o abastecimento público da região metropolitana de Belo Horizonte	17
3.1.2.	Alto Rio das Velhas	20
3.1.3	UTE Rio Itabirito	21
3.2.	O monitoramento qualitativo como ferramenta para gerenciamento dos recursos hídricos	26
3.3.	Principais legislações pertinentes e regulação que possuem interface com o monitoramento dos recursos hídricos	28
3.4.	Redes de monitoramento da qualidade da água: principais estruturas, objetivos, parâmetros e indicadores	31
3.4.1.	Variáveis de monitoramento da qualidade da água	33
3.4.2.	Frequência de Amostragem	37
3.4.3.	Espacialização	39
3.4.4	Índices de Qualidade das Águas	40
3.5.	Rede de Monitoramento do Brasil	42
3.6.	Influências do uso e ocupação solo na qualidade da água	43
3.7.	SIG aplicado ao gerenciamento dos recursos hídricos	45
3.8.	Análises multivariadas como ferramenta de diagnósticos dos recursos hídricos	46
4.	METODOLOGIA	48
4.1.	Caracterização física e vegetação da área de estudo	48
4.1.1.	Clima	49
4.1.2	Geologia	49
4.1.3.	Geomorfologia	50
4.1.4.	Pedologia	51

4.1.5.	Vegetação.....	52
4.1.6.	Panorama geral sobre o uso e ocupação do solo da UTE Rio Itabirito	53
4.2.	Uso e ocupação do solo da UTE Rio Itabirito.....	54
4.3.	Qualidade da água da UTE Rio Itabirito.....	56
4.3.1.	Estatística multivariada dos coeficientes das variáveis.....	59
4.3.1.1	Análise dos Componentes Principais (ACP).....	59
4.3.1.2	Análise de Cluster.....	59
4.3.1.3	Verificação de violações das variáveis da CONAMA Nº. 357/2005.....	60
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1.	Dinâmica geoespacial da UTE Rio Itabirito.....	61
5.2.	Análise multivariada.....	64
5.3	Análise integrada.....	70
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
	ANEXO I.....	88
	ANEXO II.....	92

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio das Velhas está localizada na região central do Estado de Minas Gerais. No território estão inseridos 51 municípios, com uma população que representa 24,7% da população do estado, sendo 28,1% população urbana (PDRH, 2015). A região hidrográfica do Alto Rio das Velhas compreende toda área da província mineral denominada Quadrilátero Ferrífero, que também possui a alcunha de Quadrilátero Aquífero, abrangendo parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Esse território apresenta dinâmicas territoriais complexas, pois enfrenta diversas pressões e fragilidades socioambientais, que estão diretamente relacionadas a interesses conflitantes, no que se refere a gestão territorial, em detrimento da implementação efetiva das políticas de gestão dos recursos hídricos.

A concentração de atividades econômicas, expansão urbana, industrial e atividades minerárias, convergem com a área de contribuição do manancial Sistema Rio das Velhas, responsável pelo abastecimento de 74% da cidade de Belo Horizonte e cerca de 60% da RMBH.

As principais fontes de poluição são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias, principalmente as consideradas irregulares que estão instaladas nesse território da bacia (PDRH, 2015). A captação do Sistema Rio das Velhas possui uma condição de grande vulnerabilidade, por ser realizada à fio d'água. Assim, o manancial se caracteriza por sua suscetibilidade no que tange às variações em termos de quantidade e qualidade das águas.

O CBH Rio das Velhas estabeleceu 23 unidades territoriais estratégicas (UTE's), objetivando aprimorar o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia, tendo como base de sustentação os Subcomitês de bacia em cada território. A UTE Rio Itabirito possui uma área de 541,58 km², abrangendo os municípios de Itabirito, Ouro Preto e Rio Acima (PDRH, 2015).

O rio Itabirito é considerado o principal afluente do rio das Velhas antes da captação do Sistema Rio das Velhas em termos de quantidade. Entretanto, considerando os aspectos qualitativos, foram identificadas diversas interferências associadas à lançamento de esgotos domésticos, carga difusa, atividades minerárias, suscetibilidade à erosão, assoreamento, supressão de vegetação, efluente industrial (PDRH, 2015).

Além do potencial para o abastecimento público, a UTE Rio Itabirito possui forte atração para o fomento econômico da mineração de ferro, contribuindo para o fortalecimento dos demais setores econômicos da região, e favorecendo o fluxo migratório de pessoas em busca de emprego, renda e melhor qualidade de vida, ocorrendo o aumento das pressões antrópicas nos recursos naturais do território (SILVA, 2020).

Estas pressões desencadeiam processos que influenciam significativamente na amplitude de uso e ocupação da bacia e, conseqüentemente, na qualidade das águas. Dessa forma, há uma necessidade contínua de análises, acompanhamento e aprimoramento da rede de monitoramento qualitativo, uma vez que a degradação do sistema hídrico pode gerar um grande estressor para segurança hídrica da RMBH, bem como manutenção dos ecossistemas aquáticos.

O tema abordado neste estudo é de extrema importância estratégica, pois a região em análise desempenha um papel crucial em questões ambientais, sendo um território que contribui significativamente com a “produção” de água. Além disso, seu impacto se estende para as esferas sociais, econômicas e políticas da bacia do rio das Velhas como um todo.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo identificar os pontos de maior criticidade na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Itabirito, analisando de forma integrada os dados de uso e ocupação do solo e do sistema de monitoramento realizado pelo IGAM. Para tanto, foram realizadas avaliações geoespaciais, utilizando o método da estatística multivariada

A proposta deste estudo está em aderência com a área de concentração “Instrumentos da Política de Recursos Hídricos”, uma vez que servirá de embasamento teórico e técnico para as discussões no âmbito do CBH Rio das Velhas e do Subcomitê do Rio Itabirito, contribuindo para o processo de gestão descentralizada e participativa. Ademais, as diretrizes estão orientadas na linha de pesquisa “Metodologias para Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos”, pois os resultados poderão servir como subsídios para aprimoramento e tomada de decisões para os gestores públicos, visando garantir a segurança hídrica da RMBH, bem como manutenção dos ecossistemas aquáticos.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Identificar os pontos de maior criticidade na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Itabirito, por meio de análise integrada dos dados de uso e ocupação do solo e do sistema de monitoramento realizado pelo IGAM.

2.2 Específicos

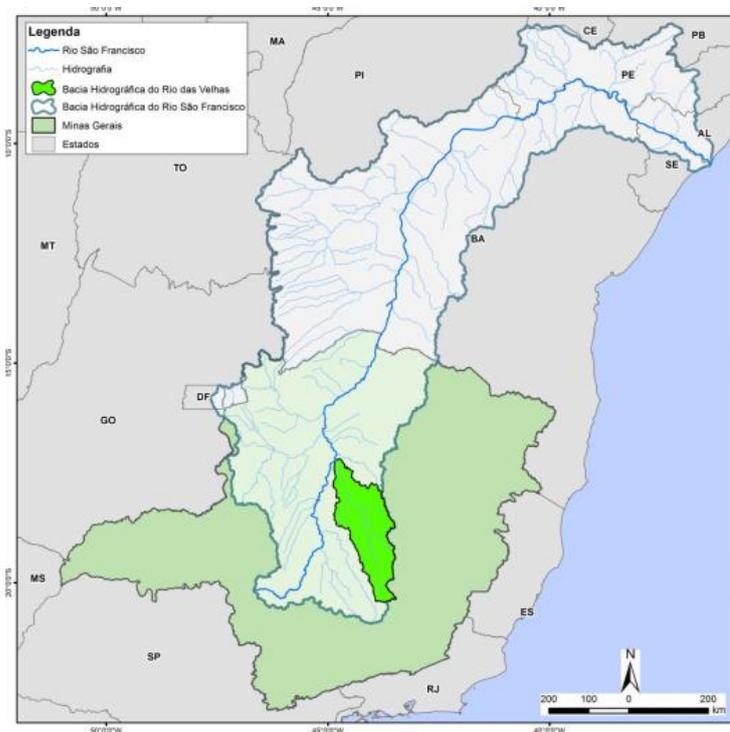
- Caracterizar o uso e ocupação do solo da área de contribuição de cada ponto de amostragem;
- Aplicar estatística multivariada considerando os dados de qualidade da água dos pontos de monitoramento do IGAM;
- Realizar análise integrada geoespacial e multivariada, verificando possíveis alterações e impactos na qualidade da água da bacia.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Contextualização da relevância da sub-bacia hidrográfica do rio Itabirito para o abastecimento público da região metropolitana de Belo Horizonte.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas está localizada na região central do Estado de Minas Gerais e tem uma área de aproximadamente 27.850 km², abrangendo total ou parcialmente 51 municípios, e uma população total de 4.403.860 de habitantes, que representa 24,7% da população do estado, perfazendo em termos de população urbana 28,1% de Minas Gerais (IBGE, 2010). A calha principal percorre uma distância de 806,84 km, sendo que sua nascente principal está localizada no Parque Natural Municipal Cachoeira da Andorinhas, no município de Ouro Preto, desaguando no rio São Francisco, na Barra do Guaicuí, distrito do município de Várzea da Palma (IGAM, 2022). A Figura 1 apresenta a localização da bacia do rio das Velhas.

Figura 1 – Localização da bacia do rio das Velhas, no contexto da bacia do rio São Francisco e no Estado de Minas Gerais.



Fonte: PDRH (2015).

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH, 2015), a bacia do rio das Velhas possui significativa densidade de drenagem, com cursos d'água que contribuem para calha em todo seu percurso, sendo os principais afluentes os seguintes: rio Bicudo, ribeirão Jequitibá, ribeirão da Mata, ribeirão Arrudas, ribeirão Onça e rio Itabirito (margem esquerda); e rio Curimataí, rio Pardo, rio Paraúna/Cipó, rio Taquaraçu e ribeirão Caeté/Sabará (margem direita) (PDRH, 2015).

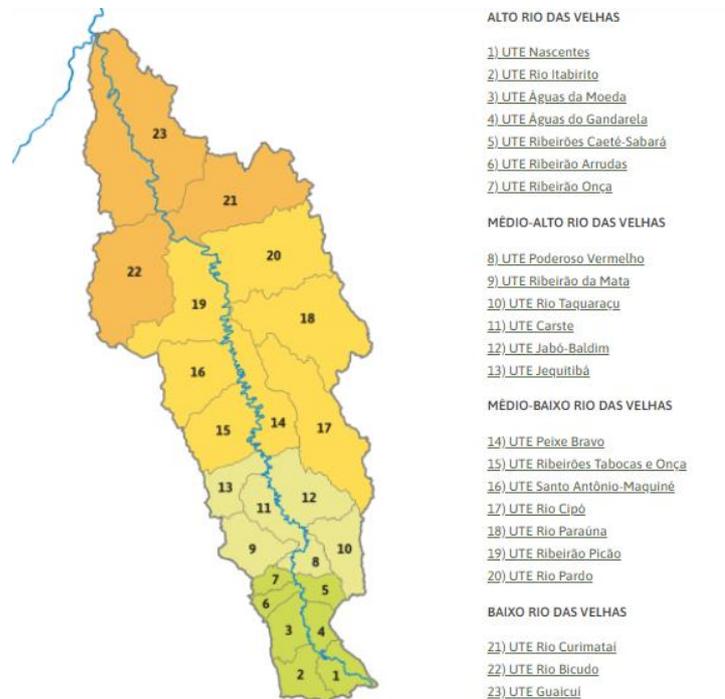
O CBH Rio das Velhas por meio da Deliberação Normativa nº. 01, de 09 de fevereiro de 2012, estabeleceu 23 unidades territoriais estratégicas (UTE's), objetivando aprimorar o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia (CBH Rio das Velhas, 2022). A definição das UTE's leva em conta aspectos geográficos, características de cada área, afluentes diretos, municípios inseridos integralmente no território, distribuição populacional, etc. Considera também perspectivas físicas, sociais, econômicas e culturais dos afluentes do rio das Velhas (CBH Rio das Velhas, 2022).

O CBH Rio das Velhas está em processo de implantação dos Subcomitês em cada UTE, visando ampliar o processo de gestão das águas de forma descentralizada e participativa. Estes conselhos são instâncias consultivas e propositivas tendo sua composição no formato tripartite com a participação dos segmentos sociedade civil organizada, poder público e usuários de água. Desta forma, garante-se o diálogo e a articulação institucional entre estes atores. Atualmente existem 18 Subcomitês em funcionamento (CBH Rio das Velhas, 2022).

Nesse processo, a bacia também foi subdividida em (04) quatro regiões hidrográficas (Figura 2), sendo as seguintes:

1. Alto Rio das Velhas, composta por 10 municípios
2. Médio Alto Rio das Velhas, composta por 20 municípios
3. Médio Baixo Rio das Velhas, composta por 23 municípios
4. Baixo Rio das Velhas, composta por 23 municípios

Figura 2 – Delimitação das regiões hidrográficas e das UTE's na bacia do rio das Velhas.



Fonte: CBH Rio das Velhas (2022).

A UTE Rio Itabirito, objeto do presente estudo está localizada no Alto Rio das Velhas. A vista disso, o Subcomitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itabirito (SCBH Rio Itabirito) é um órgão colegiado vinculado ao CBH Rio das Velhas, que abrange o território da bacia hidrográfica do rio Itabirito. Instituído em maio de 2006, o conselho vem discutindo e propondo ao longo de sua atuação, medidas, planos e projetos para melhoria das condições de quantidade e qualidade das águas da bacia. As pautas das reuniões, que ocorrem mensalmente, em sua grande maioria são voltadas em relação à qualidade das águas, principalmente no que tange aos elevados índices de turbidez, metais, contaminantes tóxicos, além das contaminações por esgotos domésticos no rio (CBH Rio das Velhas, 2022).

Em análise realizada por meio de leitura das atas das reuniões ordinárias, identificou-se que especialmente no que tange à variável turbidez, os conselheiros questionam o fato do rio se apresentar com o aspecto bastante turvo ao longo do ano, mesmo em períodos de estiagem, verificou-se que em determinados dias, o aspecto “barrento” das águas em função dos sólidos em suspensão é evidente (CBHVELHAS,2022).

3.1.2. Alto Rio das Velhas

Segundo o PDRH (2015), a região hidrográfica do Alto Rio das Velhas compreende toda área da província mineral denominada Quadrilátero Ferrífero e parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), tendo o município de Ouro Preto como limite sul da região, e os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Sabará como limite norte. A Região constitui 9,8% do total da bacia em uma área de 2.739,74 km². Os municípios que estão totalmente dentro da região são os seguintes: Belo Horizonte, Itabirito, Nova Lima, Raposos e Rio Acima. E os que estão parcialmente são: Caeté (42%), Contagem (42%), Ouro Preto (50%), Sabará (63%) e Santa Luzia (4%) (PDRH, 2015).

Neste sentido, a região hidrográfica do Alto Rio das Velhas compreende toda a bacia de contribuição a montante do encontro do ribeirão Onça com o rio das Velhas, sendo considerada uma região de alta complexidade, marcada por interesses conflitantes no processo de gestão do território, com as políticas de recursos hídricos e socioambientais (PDRH, 2015).

Fato decorrente à concentração de atividades econômicas, expansão urbana, industrial e atividades minerárias no manancial de captação do Sistema Rio das Velhas, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que possui capacidade instalada de 9 m³/s, abastecendo 74% da cidade de Belo Horizonte e cerca de 60% da RMBH (PDRH, 2015).

Em relação aos principais agentes poluidores, o PDRH (2015), cita o seguinte:

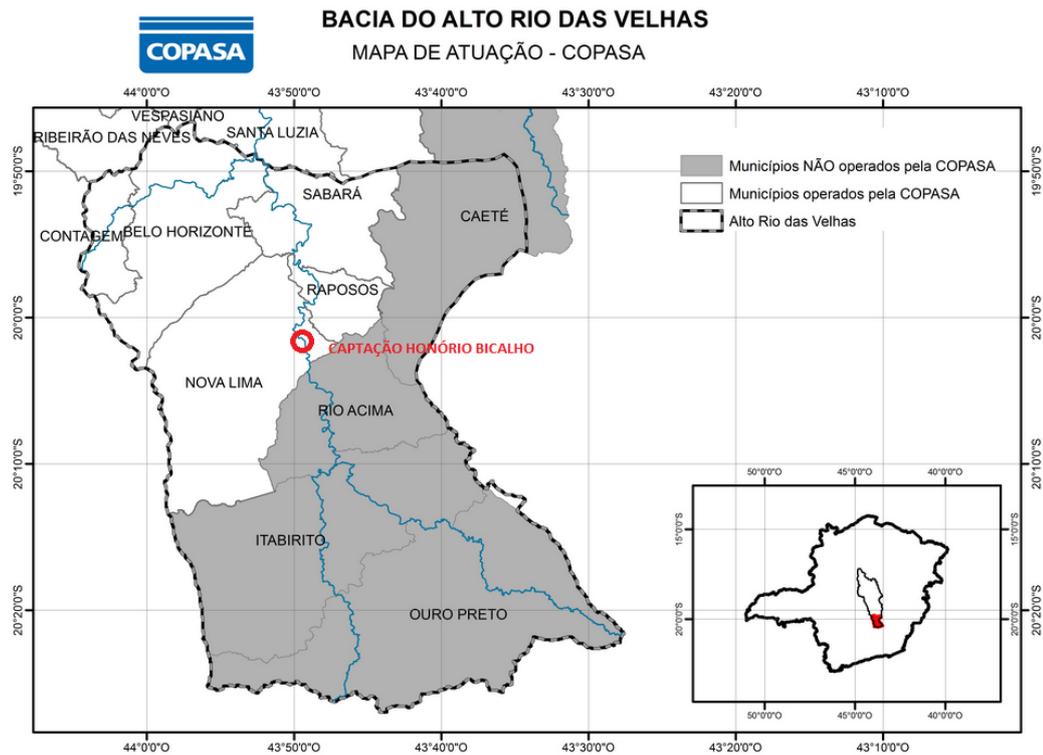
“Os principais agentes poluidores são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias clandestinas atuantes nesta parte da bacia”.

Neste sentido, há uma grande necessidade de priorização do Alto Rio das Velhas no processo de gestão dos recursos hídricos por parte dos órgãos do sistema estatual, tendo em vista a diferença de outras regiões metropolitanas. As ações para aumento da segurança hídrica devem ser priorizadas, pois a RMBH é terceira maior do país (MELO, 2016).

Considerando a relevância da região hidrográfica do Alto Rio das Velhas para o abastecimento público da RMBH, destaca-se a importância da UTE Rio Itabirito, (objeto do presente estudo)

na contribuição para a captação da COPASA no distrito de Honório Bicalho, pertencente ao município de Nova Lima, conforme Figura 3, que destaca a área de contribuição para o Sistema Rio das Velhas:

Figura 3 – Área de contribuição do Alto Rio das Velhas para captação do Sistema Rio das Velhas.



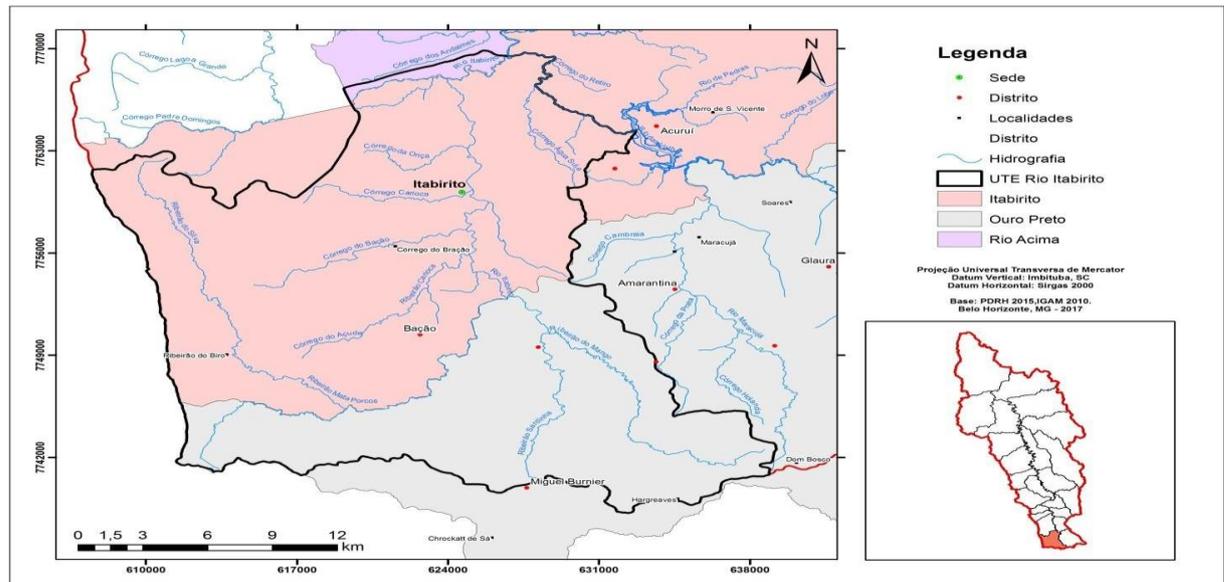
Fonte: COPASA (2015).

3.1.3. UTE Rio Itabirito

UTE Rio Itabirito compreende exatamente os limites da bacia hidrográfica do rio Itabirito, com área de 541,58 km², abrangendo os municípios de Itabirito, Ouro Preto e Rio Acima. O rio Itabirito é considerado o principal afluente do rio das Velhas antes da captação do Sistema Rio das Velhas. A UTE (Figura 4) possui uma população de aproximadamente 50 mil habitantes de forma que o município de maior porte populacional é Itabirito, que concentra 90,1% do total do território na bacia (MYR PROJETOS, 2013).

Os principais cursos d'água são: rio Itabirito, ribeirão Mata Porcos e ribeirão do Silva, com extensão de 73 km dentro da área delimitada para a Unidade Territorial (MYR PROJETOS, 2013).

Figura 4 – Mapa da UTE Rio Itabirito



Fonte: Autor

A bacia do rio Itabirito é a principal área de contribuição para o rio das Velhas em termos de quantidade de água, contudo, considerando os aspectos qualitativos, o PDRH (2015) identificou diversas interferências associadas a lançamento de esgotos domésticos, carga difusa, atividades minerárias, suscetibilidade à erosão, assoreamento, supressão de vegetação, efluente industrial, entre outros.

As principais variáveis que foram detectadas alterações em relação aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA N°. 357/05, no levantamento realizado para o diagnóstico do PDRH (2015), foram as seguintes:

- Arsênio Total
- Chumbo Total
- Cobre Dissolvido
- Coliformes Termotolerantes
- Cor Verdadeira
- Cromo Total
- Ferro Dissolvido
- Fósforo Total
- Manganês Total
- Níquel Total

- Sólidos em Suspensão Totais
- Turbidez

Esses resultados indicam forte relação com as atividades minerárias, industriais e agropecuárias na região. Ressalta-se que os estudos do PDRH ocorreram antes da implantação da estação de tratamento de esgotos (ETE) Marzagão em 2014, na foz do rio Itabirito, bem como estruturas de rede coletora e interceptora ao longo do município de Itabirito. Esta discussão também abará o presente estudo nas análises que serão realizadas.

Considerando os aspectos quantitativos, a UTE Rio Itabirito é a que possui maior disponibilidade hídrica superficial em comparação com as outras três UTE's que contribuem para o Sistema Rio das Velhas, conforme o PDRH (2015). O referido estudo utilizou as seguintes variáveis hidrológicas: vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de dez anos ($Q_{7,10}$), vazão mínima com permanência de 90% e 95% e vazão média de longo período (Q_{mlp}). Em todos os resultados a UTE Rio Itabirito apresentou maior disponibilidade hídrica, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Disponibilidade hídrica superficial nas UTE's que contribuem para o Sistema Rio das Velhas.

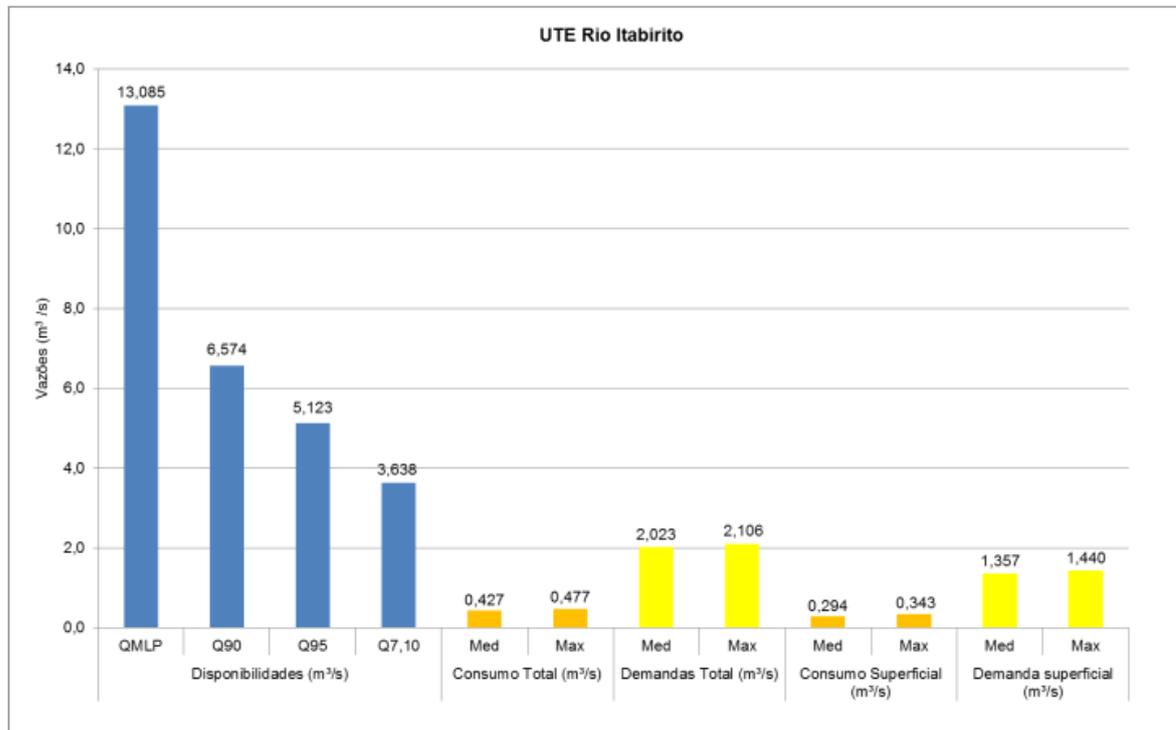
UTE/CALHA	Área (km ²)	Q_{mlp}		Q_{90}		Q_{95}		$Q_{7,10}$	
		m ³ /s	L/s.km ²						
UTE Nascentes	541,58	12,91	23,84	6,49	11,98	5,05	9,33	3,59	6,63
UTE Rio Itabirito	548,89	13,09	23,84	6,57	11,98	5,12	9,33	3,64	6,63
UTE Águas do Gandarela	323,66	6,37	19,67	3,03	9,36	2,76	8,53	2,00	6,18
UTE Águas da Moeda	544,32	10,70	19,67	5,10	9,36	4,64	8,53	3,36	6,18

Fonte: PDRH (2015), adaptado pelo autor.

Contudo, ao se analisar a relação entre demanda e disponibilidade hídrica (Figura 5), a UTE Rio Itabirito apresenta situação crítica. Levando-se em consideração às vazões mínimas anuais, a situação é confortável no que tange a disponibilidade média anual, conforme resultados das análises do Plano Diretor, que afirma o seguinte:

Pelo critério de concessão de outorga adotado por Minas Gerais, não seria possível permitir a retirada de água uma vez que a vazão média de retirada é superior a 30% da $Q_{7,10}$. A mineração e o abastecimento industrial são os principais setores responsáveis pela demanda de água nessa unidade (PDRH, 2015, p. 187).

Figura 5 – Disponibilidades hídricas, consumos e demandas (média e no mês de maior demanda) para UTE Rio Itabirito.



Fonte: PDRH (2015).

Lemos (2018) aborda sobre o fato do rio Itabirito ser o primeiro afluente importante em quantidade a desaguar no rio das Velhas, entretanto, sofre forte pressões por atividades antrópicas, atividades minerárias, usos urbanos e agropecuários. Sendo assim, a qualidade das águas do rio das Velhas é reduzida significativamente quando se encontram. A piora da qualidade da água é principalmente relacionada aos altos índices de turbidez, resultantes das formas de uso e ocupação do solo da bacia, conforme é demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Elevada turbidez do rio Itabirito no período de estiagem (18/07/19), no perímetro urbano do município.



Fonte: Autor

A UTE Rio Itabirito está inserida tanto no contexto rural, como no urbano, e ambos sofrem interferências antrópicas peculiares de cada local. Na zona urbana, a contaminação ocorre de forma pontual, no meio rural o processo é difuso. A degradação da qualidade da água está atribuída às elevadas concentrações de esgotos domésticos e efluentes industriais, oriundos de atividade têxtil, abatedouro suínos/bovinos e laticínios, além do escoamento superficial que carregam partículas contaminadas (SILVA, 2020).

Lemos (2018) destaca que variáveis como coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos em suspensão, cor e turbidez retratam as influências das atividades humanas na bacia, principalmente em relação aos usos associados de mineração, conforme evidenciado na Figura 7.

Neste aspecto, Lemos (2018) afirma o seguinte:

As águas barrentas do Rio Itabirito encontram as águas do Rio das Velhas, próximo à divisa do município de Itabirito com o município de Rio Acima. A jusante, o Rio das Velhas irá seguir por aproximadamente dois quilômetros até receber por sua margem direita o Ribeirão Manso e, outros 3 quilômetros a jusante, pela margem esquerda, o Rio de Peixe. (Lemos, 2018, p. 148)

Figura 7 – Encontro do rio Itabirito (a esquerda) com o rio das Velhas (a direita)



Fonte: Durães (2017)

Silva (2020) ressalta a importância da UTE Rio Itabirito afirmando o seguinte:

Além do potencial de abastecimento que a unidade estratégica territorial possui, há uma forte atração para o fomento econômico de mineração de ferro o que contribui para o fortalecimento dos demais setores econômicos da região e favorece o fluxo migratório de pessoas em busca de emprego e renda e consequentemente melhor qualidade de vida (SILVA, 2020, p.5).

O processo acima abordado influencia significativamente na amplitude de uso e ocupação da bacia e, consequentemente, na qualidade das águas, evidenciando a necessidade de se buscar uma contínua análise, acompanhamento e aprimoramento da rede de monitoramento qualitativo, uma vez que a degradação do sistema hídrico.

3.2 O monitoramento qualitativo como ferramenta para gerenciamento dos recursos hídricos.

Os sistemas fluviais são processos resultantes da drenagem da bacia hidrográfica, por meio do escoamento superficial, infiltração do nível freático e descarga da água subterrânea para os rios (CHAPMAN, 1996). Boas (2018) se fundamenta nessa lógica em sua modelagem, realizada para avaliação da rede de monitoramento da qualidade de água na bacia do rio Piabanha/RJ.

Entretanto, esses sistemas sofrem com impactos resultantes dos diferentes usos dos recursos hídricos, gerando a necessidade de implantação de um sistema integrado de monitoramento para correta definição dos aspectos quantitativos e qualitativos (SOARES, 2001).

Neste sentido, Soares (2001) afirma que:

Para solucionar os conflitos entre os usos da água, sejam eles a utilização para fins de abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação e recreação, e a preservação qualitativa e quantitativa do manancial, faz-se necessário um programa de monitoramento da qualidade da água para fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e, além disso, propiciar informações para tomada de decisões com relação ao gerenciamento deste recurso hídrico (SOARES, 2001, P.2).

Por fim, Soares (2001) ressalta que as informações resultantes do monitoramento devem ser administradas em um Sistema de Informação Ambiental, que conste os compartimentos do meio ambiente, considerando os meios físico, biótico e antrópico, possibilitando assim avaliar os impactos das ações do homem sobre o ambiente, bem como sua resposta, considerando as fragilidades do sistema ambiental.

É o que preconiza a Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997, na qual o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos possuem o objetivo de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recurso hídricos no Brasil e seus fatores intervenientes em sua gestão (BRASIL, 1997). Assim, gerando-se uma informação descentralizada, coordenada e acessível à sociedade. Outro importante aspecto destacado pela Lei é que o sistema fornece subsídios para elaboração dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas.

Diante do exposto, o monitoramento da qualidade da água torna-se uma ferramenta essencial para o gerenciamento da bacia hidrográfica, uma vez que os dados produzem informações sobre o comportamento do sistema hídrico frente às intervenções humanas sobre o espaço, seja ele natural ou construído. Estes processos desencadeiam fenômenos de origem antropogênica, que alteram as propriedades físicas, químicas e biológicas no ambiente, que necessitam de controle e acompanhamento para tomada de decisões que cessem ou reduzam a degradação do corpo hídrico.

É o que aborda Amaro (2009), em que o monitoramento possui a finalidade de auxiliar na avaliação da efetividade das ações delineadas nos planos de recuperação, preservação e prevenção dos impactos nos ambientes aquáticos.

Neste raciocínio, Souza (2009) cita Simeonov *et al.*, (2002) e Berzas *et al.*, (2000) com a seguinte definição:

Uma rede de monitoramento da qualidade da água de um rio é uma importante ferramenta para obtenção de informações no espaço e no tempo da situação ambiental de um corpo de água. Adicionalmente, fornece uma visão evolutiva do ecossistema através do tempo, desde que as variáveis analisadas e o período de amostragem sejam abrangentes o suficiente para representar a sazonalidade que ocorre no ecossistema estudado.

No que tange à efetividade do gerenciamento dos recursos hídricos, Almeida (2013) ressalta que consiste na constante avaliação da qualidade e quantidade da água de forma simultânea, de forma que se conheça de maneira adequada o estado, o potencial e os possíveis problemas associados à contaminação e/ou poluição. O monitoramento dos recursos hídricos requer um conjunto de ações e esforços que permite conhecer a situação qualitativa das águas, assim como o padrão de comportamento ao longo do tempo e do espaço.

3.3 Principais legislações pertinentes e regulação que possuem interface com o monitoramento dos recursos hídricos.

Tendo em vista a necessidade de se buscar o equilíbrio nos usos múltiplos dos recursos hídricos, minimizando ou impedindo conflitos inerentes às atividades humanas, é preciso um processo adequado de gerenciamento do bem, que é de domínio público, considerando diretrizes e princípios que orientam o uso racional, eficiente, e que proteja o recurso. Para tanto, deve-se levar em consideração os objetivos (econômicos, ambientais e sociais) de cada uso (irrigação, geração de energia, abastecimento etc.), buscando alternativas e regramentos na sua utilização (LANNA, 2001).

A primeira legislação relativa à gestão dos recursos hídricos no Brasil foi o Código das Águas, decreto de 10 de julho de 1934. Almeida (2013) destaca que a lei serviu como base para atual legislação, trazendo conceitos de gestão de bacia hidrográficas como controle da poluição, hierarquia de usos, internalização e externalização de custos pela degradação, dentre outros.

Diante disso, o mesmo autor destaca que foram redigidas diversas leis, normas e planos subsequentes acerca do uso racional dos recursos hídricos.

A Política Nacional de Meio Ambiente delinea que dentre as atribuições do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) está a necessidade de se estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e manutenção da qualidade do meio ambiente, visando o uso racional principalmente dos recursos hídricos (BRASIL, 1981).

Conforme citado anteriormente, a principal diretriz de âmbito nacional que versa sobre o monitoramento dos recursos hídricos como ferramenta para o gerenciamento é a Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criando também o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 1997).

Dentre as diretrizes delineadas após a implantação da PNRH, cabe citar a resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, que estabeleceu as classes dos corpos d'água e enquadramentos de acordo com o uso preponderante pretendido (BRASIL, 2005).

Diante dessa implementação, estruturou-se o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que coordena de forma unificada os dados e informações produzidos nos sistemas de monitoramento, descentralizado, reunindo, dando consistência, atualizando e divulgando permanentemente para sociedade sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil. O órgão responsável pela implantação, operacionalização e gestão do SNIRH é a Agência Nacional de Águas (ANA), nomenclatura à época de sua criação por meio da Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Segundo Almeida (2013), o mencionado arcabouço dotou o Brasil de um instrumento legal para gestão dos recursos hídricos, incorporando a partir deste marco (Lei 9.433/1997), novos princípios estruturais, institucionais, técnico e político, contemplando a participação integrada de conselhos e comitês no processo decisório de gestão das águas, tendo como unidade de gestão a bacia hidrográfica. A lei também traz a prerrogativa de aplicação de instrumentos de gestão, dentre eles, o econômico, como regulação de usos, estando intrinsecamente ligado ao processo de monitoramento do recurso hídrico.

Os instrumentos de gestão dos recursos hídricos estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos são os seguintes (BRASIL, 1997):

- I. Os Planos de Recursos Hídricos;
- II. O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III. A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV. A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V. A compensação a municípios;
- VI. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Nesta perspectiva, evidencia-se que o monitoramento da qualidade das águas perpassa por todos os instrumentos de gestão, sendo uma ferramenta de integração que serve como indicador para composição das diretrizes normativas e cumprimento das metas estabelecidas. Sua aplicação é peça fundamental para aplicação no tocante ao planejamento, diagnóstico, prognóstico e no desenvolvimento de ações e políticas públicas, pois produzem informações que municiam os gestores da área de recurso hídricos.

Entretanto, de acordo com Magalhães (2000), o sistema de informações possuirá fragilidades consideráveis se não estiver associado a uma rede de monitoramento hidrometeorológico eficiente, que garanta a presteza, precisão e constantes informações atualizadas sobre a situação dos recursos hídricos.

No âmbito do Estado de Minas Gerais, a legislação pertinente é a Lei Nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (MINAS GERAIS, 1999). Esta lei foi estruturada a partir da criação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em julho de 1997, pouco depois da promulgação da lei das águas (MINAS GERAIS, 1997).

No âmbito regulatório, cabe destacar a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº. 08, de 21 de novembro de 2022, que 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 (MINAS GERAIS, 2008).

3.4 Redes de monitoramento da qualidade da água: principais estruturas, objetivos, variáveis e indicadores.

No âmbito da produção literária acadêmico-científica, existe uma multiplicidade de arcabouços epistemológicos com proposições de procedimentos e métodos acerca das variáveis, espacialidade e frequência de amostragens para que o monitoramento da qualidade da água tenha maior acurácia no alcance dos objetivos delineados. Neste sentido, o presente trabalho pretende de forma *en passant*, abordar estas questões em aderência com a proposta do estudo, visando trazer alguns elementos básicos para as futuras análises dos resultados, buscando sempre correlacionar com os fatores associados ao uso e ocupação do solo.

O monitoramento da qualidade da água é definido por Sanders *et al.* (2003), como empenho para obtenção de informações qualitativas das características físicas, químicas e biológicas por meio de amostragem estatística. Os sistemas de monitoramento devem ser projetados visando atender a objetivos específicos. Nesse alinhamento, os autores ressaltam que a definição dos objetivos é fundamental para um bom planejamento e funcionamento da rede de monitoramento, tais como: auxiliar na gestão dos recursos hídricos, fornecer subsídios para elaboração de uma adequada legislação sobre o tema, disponibilização de informações efetivas para o processo de gerenciamento. Almeida (2013), confirma as premissas citadas pelos referidos autores, empregando-as no processo de avaliação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio das Velhas, utilizando o método da entropia.

Amaro (2009) define que um dos componentes principais do monitoramento é realizar o acompanhamento das condições ambientais dos corpos hídricos, produzindo informações para avaliação da efetividade de planos de prevenção, recuperação e ações nos ambientes aquáticos.

USDA (2003) alinha alguns objetivos para o estabelecimento de redes de monitoramento como: análise de tendências, lançamento, transporte e deposição de poluentes domésticos e industriais, determinação de áreas críticas, fiscalização, determinação de violações aos padrões estabelecidos pela legislação, avaliar práticas conservacionistas, calibração de modelos de qualidade de água, pesquisa e problemas relativos à qualidade dos corpos hídricos.

Soares (2001) afirma que projetos de monitoramento possuem dois tipos de objetivos: (i) gerenciamento, visando verificar o funcionamento do sistema ambiental para tomada de decisões, e, (ii) monitoramento, no sentido de conhecimento deste sistema.

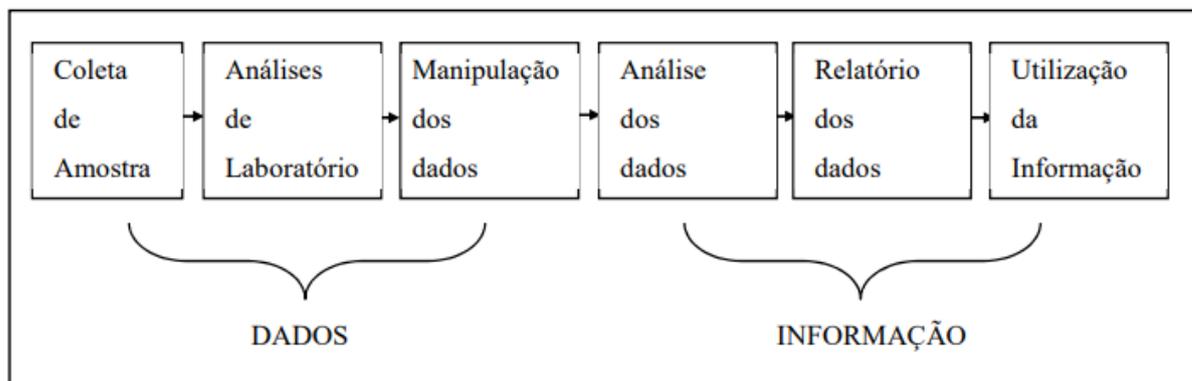
Nesta perspectiva, Soares (2001), delinea que projetos de monitoramento devem ser elaborados considerando as fases de planejamento, onde serão definidos os objetivos e as estratégias para o monitoramento, bem como as informações desejadas; e a fase do projeto técnico que se divide nas seguintes etapas:

- Determinação dos locais de amostragem;
- Determinação das frequências de amostragem;
- Determinação das variáveis a serem monitoradas;
- Determinação do período de amostragem.

A partir das determinações técnicas acima mencionadas é possível traçar um planejamento estratégico para operacionalização do sistema de monitoramento. Entretanto, essa instrumentação serve ao propósito de geração de dados que necessitam serem analisados para produção de informações concisas e coerentes acerca do objetivo proposto para o monitoramento.

Considerando essa lógica, Ward *et al* (2003) propôs um esquema desse processo analítico (Figura 8), referente ao sistema de monitoramento:

Figura 8 – Esquematização do processo analítico de um sistema de monitoramento.



Fonte: WARD *et. al.*, 2003.

De acordo com Freitas (2017), a qualidade das águas é avaliada por meio das variáveis de natureza física, química e biológica, que podem expressar alterações e distúrbios no corpo de água, assim como em sua bacia de contribuição. Desta forma, a autora ressalta a importância de realizar comparativos entre os valores desses parâmetros com a legislação vigente, tendo em vista o uso pretendido, como nos casos para abastecimento público, águas residuárias, mananciais ou corpos receptores, objetivando atestar sua real qualidade (FREITAS, 2017).

Neste raciocínio, Breda (2011) ressalta que o status da qualidade da água está direta ou indiretamente relacionado com o uso e ocupação do solo, estando atrelado também à demanda de uso dos recursos hídricos pretendido:

O nível de qualidade da água necessário é determinado pela tipologia de uso, sendo específico para cada um dos diferentes tipos de uso. Usos como abastecimento doméstico e industrial, considerados mais nobres, devem cumprir requisitos mais exigentes, sendo necessário, em muitos casos, um tratamento prévio da água. Este é o caso do consumo humano e animal, no qual a água deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, devendo ser, então, potável, limpa, isenta de substâncias tóxicas e organismos patogênicos (BREDA, 2011, p. 11).

Outro fator fundamental para estruturação da rede de monitoramento está na análise da viabilidade econômica para sua implantação e operação. Soares (2001) afirma que é necessário realizar uma análise de custo-benefício nesse processo.

3.4.1 Variáveis de monitoramento da qualidade da água.

A determinação das variáveis a serem monitoradas deve estar alinhada com os objetivos do estudo, levando-se em consideração as características de uso e ocupação do solo, capacidade de análises laboratoriais e recursos à disposição (NOGUEIRA, 2020).

Desta maneira, elaborou-se o Quadro 1, como síntese das variáveis físicas e químicas associadas às principais fontes poluidoras, com descrições sintéticas das análises destas, originariamente antropogênica, em decorrência dos padrões de uso e ocupação do solo:

Quadro 1 – Síntese das variáveis físicas e químicas, associadas às principais fontes poluidoras de acordo com uso e ocupação do solo:

(Continua)

Variável	Descrição/impacto	Principais Fontes Poluidoras Antropogênica	Padrões de Uso e Ocupação do Solo Associados
Cor verdadeira	Características sobre a coloração da água	Esgotos domésticos e efluentes industriais	Urbanização e Industrialização
Turbidez	Medição do feixe de luz que atravessa a água. Relacionado aos sólidos em suspensão, podendo comprometer a fotossíntese e adsorver outros compostos orgânicos e inorgânicos	Processos erosivos; esgotos domésticos e efluentes industriais	Solo exposto, agropecuário, áreas degradadas, desmatamento e urbanização
pH	Índice que varia de 0 a 14 e indica se uma substância é ácida (<7), neutra (7) ou básica (>7). Influência no metabolismo das espécies aquáticas e reage quimicamente com outros compostos orgânicos e inorgânicos	Esgotos domésticos e efluentes industriais	Urbanização e Industrialização
Oxigênio Dissolvido	Ocorre principalmente pela fotossíntese, aeração e reaeração atmosférica. Sua redução está associada ao excesso de matéria orgânica, causando desequilíbrio no ecossistema aquático por meio de reações químicas	Esgotos domésticos e efluentes industriais	Urbanização, Agropecuários e Industrialização

(continua)			
Variável	Descrição/impacto	Principais Fontes Poluidoras Antropogênica	Padrões de Uso e Ocupação do Solo Associados
Condutividade elétrica	Medida que infere a transmissão da corrente elétrica na água, estando associada às formas de íons e sólidos dissolvidos. Influenciado também pela temperatura da água	A elevação da temperatura pode ocorrer devido a lançamento de efluentes industriais	Industrialização
Sólidos totais dissolvidos	Partículas menores que 10^{-3} μm , estando em solução na água mesmo com o processo de filtração	Processos erosivos; esgotos domésticos e efluentes industriais	Solo exposto, Agropecuário, áreas degradadas, desmatamento e urbanização
Alcalinidade total	Presença íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. Associado à dureza da água, podendo causa incrustações	Efluentes industriais	Industrialização
Cálcio total	Dissolução de rochas calcárias, associado à dureza da água	Esgotos domésticos e efluentes industriais	Urbanização e Industrialização
Cloreto	Importante indicador de potabilidade, em altas concentrações está associado a salinidade da água, bem como na corrosão de tubulações	Esgotos domésticos e efluentes industriais	Urbanização e Industrialização
Sulfato	Íon ácido, que em altas concentrações provocam perda da potabilidade	Esgotos domésticos, efluentes industriais e insumos agrícolas	Urbanização, Industrialização e agropecuário

			(Continua)
Variável	Descrição/impacto	Principais Fontes Poluidoras Antropogênica	Padrões de Uso e Ocupação do Solo Associados
Fósforo total	Nutriente importante para fertilização, que em excesso causa eutrofização da água. Associado à poluição difusa tanto no meio rural, quanto no urbano	Esgotos domésticos, efluentes industriais, excrementos de animais e insumos agrícolas	Urbanização, Industrialização e agropecuário
Nitrogênio amoniacal total	Composto do ciclo do nitrogênio, que combinando com o aumento do pH, gera amônia não ionizada que possui efeitos tóxicos	Esgotos domésticos, efluentes industriais, chorumes, insumos agrícolas	Urbanização, Industrialização e agropecuário
Nitrato	Processo de nitrificação que faz parte do ciclo do nitrogênio. Em excesso associa-se ao processo de eutrofização da água	Esgotos domésticos, efluentes industriais, insumos agrícolas	Urbanização, Industrialização e agropecuário
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Caracteriza a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água, decomposição microbiana aeróbia	Esgotos domésticos, efluentes industriais, excrementos de animais	Urbanização, Industrialização e agropecuário
Ferro Dissolvido	Em altos níveis de concentração e/ou combinado com matéria orgânica geram efeitos de toxicidade. Comumente altera o sabor e odor da água.	Processos erosivos e efluentes industriais	Solo exposto, áreas degradadas e Industrialização

(Conclusão)			
Variável	Descrição/impacto	Principais Fontes Poluidoras Antropogênica	Padrões de Uso e Ocupação do Solo Associados
Fenóis totais	Composto do grupo hidroxila, presente em medicamentos, fungicidas, bactericidas e diversos objetos. Em alta concentração possui efeitos tóxicos no ser humano	Efluentes industriais	Industrialização
Substâncias tensoativas	Presente principalmente em sabões e sabonetes, produz quantidades significativas de espumas que prejudica a penetração da luz e contribuição para proliferação de algas, causando eutrofização	Esgotos domésticos e efluentes industriais	Urbanização e industrialização

Fonte: ANA (2022), CETESB (2020), Freitas (2017) e FUNASA (2014), adaptado pelo autor.

Ressalta-se que as variáveis acima abordadas em sua maioria também possuem correlação com influências de origem natural, como dissolução de rochas e solo, decomposição de matéria orgânica, aeração e reaeração atmosférica, temperatura, etc. O objetivo é demonstrar de forma sintética como os padrões de uso e ocupação do solo podem influenciar diretamente nos parâmetros da qualidade da água.

3.4.2 Frequência de Amostragem

Nogueira (2020) aborda sobre o eixo referente à frequência de amostragem, que também deve ser definida de acordo com o objetivo do monitoramento, visando caracterizar a carga de base

presente no corpo d'água, de forma que seja suficiente identificar a variação da qualidade da água. Em áreas urbanas, por exemplo, os lançamentos irregulares estão atrelados ao consumo de água, gerando efluentes na rede de drenagem, necessitando de uma frequência temporal mínima que seja suficiente para caracterizar a variabilidade da qualidade do recurso hídrico. As características das cargas poluidoras também podem estar associadas a eventos de precipitação, neste caso, a frequência de amostragem deve estar associada a outras variáveis como vazão e precipitação, considerando intervalos temporais baseados no tempo de concentração da bacia (NOGUEIRA, 2020).

Os estabelecimento da frequência de amostragem é um aspecto muito importante na definição do sistema de monitoramento da qualidade das águas superficiais, entretanto, está diretamente relacionada aos custos de operação. Amostragem de todas as variáveis na mesma frequência em cada estação requer um dispêndio financeiro alto (STROBL E ROBILLARD, 2008).

Jordan e Cassidy (2011) propõem uma frequência de amostragem 3 vezes ao dia durante uma semana, totalizando em 24 amostras (método *24/7 solution*), que consiste em coletas que analisam a carga de sedimentos e nutrientes em áreas rurais. Um estudo realizado na região metropolitana de São Paulo para avaliação das fontes difusas, realizou-se coletas com intervalo de 4 horas durante uma semana no período seco e outra no período chuvoso, com resultados considerados eficientes nas caracterizações das cargas poluidoras (SÃO PAULO, 2016).

Sanders *et al.* (1983) afirmam que a frequência de amostragem é o ponto que requer a maior atenção dos pesquisadores. Os autores propõem metodologia que associa vazão e as características da bacia hidrográfica. Sugerem também que o número mínimo de amostras deve estar associado a concentração de parâmetros monitorados. A utilização de análises estatísticas como média geométrica, variação sazonal, correlação serial, correlação espacial e análise espectral são técnicas que servem para identificar a melhor frequência a ser adotada. Calazans (2015) utiliza os conceitos apresentados pelos autores acima mencionados em seu trabalho de adequação da rede de monitoramento das bacias dos rios das Velhas e Paraopeba. O lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais, atividades minerárias e a poluição difusa por agricultura e áreas de pastagens são responsáveis pela deterioração da qualidade das águas superficiais nestas sub-bacias.

Nesse panorama, Soares (2001) frisa alguns procedimentos metodológicos que podem ser utilizados para determinação da frequência, dividindo-os em: julgamento, períodos de interesse baseados nas características da drenagem e regime hidrológico, estatísticos, análise de tendências, teoria de decisão bayesiana, métodos de otimização e conceito da entropia. Aliás, a pesquisa do referido autor serve de base para diversos trabalhos na linha de redes de monitoramento da qualidade da água, citado por Lima (2004); Almeida (2013); Calazans (2015) e Boas (2018).

Allan *et al.* (2006) trabalham na perspectiva de utilização da variação da concentração de contaminantes e alterações na toxicidade para otimizar a frequência de amostragem. Já von Sperling (2001) traz uma outra visão, considerando os aspectos de regiões tropicais para determinação do período a ser monitorado, tendo em vista o fator da sazonalidade bem definido no clima, marcado por períodos chuvosos e secos de forma distinta. Desta maneira, não se segue unicamente uma homogeneidade temporal, haja vista o predomínio de temperaturas elevadas na maior parte do tempo, promovendo a aceleração dos processos físicos, químicos e biológicos.

3.4.3 Espacialização

De acordo com Lima (2004), a seleção dos pontos de amostragem depende principalmente dos objetivos propostos pelo monitoramento, envolvendo duas escalas geográficas nesse processo, a escala da bacia hidrográfica (macrolocalização) e a escala do rio (microlocalização). O autor destaca que no caso de escolha da bacia hidrográfica, deve-se considerar a ocupação da área da bacia, os usos atribuídos da água, entre outras variáveis. E quando considera a escala do rio, os objetivos devem estar ligados a tendências na qualidade dos corpos d'água, selecionando locais que não sofram interferências peculiares, como confluência de tributários, troncos de árvores e outros objetos, etc., ou seja, pontos que possuam uma certa homogeneidade, que não venham interferir no padrão predominante do rio.

Browne (1999) estruturou uma métrica de medição em eventos de precipitação, visando identificar as cargas poluidoras difusas baseando-se que o intervalo das amostras é proporcional ao tempo de concentração da bacia. À vista disso, a frequência das coletas seria de acordo com a área da bacia, bem como o seu grau de impermeabilização. Nogueira (2020) também utilizou

essa estrutura em seu trabalho, sobre métodos para monitoramento e estimativa de cargas poluidoras difusas em bacias hidrográficas, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Frequência de amostragem para identificação de carga poluidora em eventos de precipitação, de acordo com o grau de impermeabilização da bacia.

Intervalo de medição máximo desejável em minutos		
Área de Contribuição (km ²)	Área altamente impermeabilizada	Área com baixa impermeabilização
0,2	3	4
0,4	4	7
2,4	7	20
12	15	30

Fonte: Browne (1999), adaptado pelo autor.

Destaca-se que a área de drenagem é convencionalmente adotada em redes de monitoramento hidrológico como dimensionamento mínimo para o estabelecimento das estações. Esse procedimento também serve como embasamento no que tange à qualidade das águas, conforme Quadro 3 representado conforme adaptado por Chico e Dziedzic (2015).

Quadro 3 – Densidade mínima de estações hidrometeorológicas recomendadas em zonas tropicais.

Redes Climatológicas		
Tipo de Região	Área por estação (Km ²)	Área por estação (km ²) tolerada em condições excepcionais
Relevo suave	600-900	900-3000
Montanhosas	100-250	250-1000*
Zonas áridas	1500-10000	-
Redes Hidrométricas (fluviométrica, qualidade da água e sedimentometria)		
Relevo suave	1000-2500	3000-10000
Montanhosas	300-1000	1000-5000
Zonas áridas	5000-20000	-
*podendo atingir até 2000 em casos extremos.		

Fonte: Chico e Dziedzic (2015).

3.4.4 Índices de Qualidade das Águas

Os índices de qualidade das águas são informações resumidas que abrangem várias variáveis físicas, químicas e biológicas, com a finalidade de orientação do público leigo, bem como no processo de gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento de políticas públicas (CETESB,

2020). Representam uma média de diversas variáveis em único número, contudo, ocorre a perda de informações das variáveis individualmente e a relação entre elas (CETESB, 2020).

Segundo Souza (2009), os indicadores se correlacionam com as alterações dos ecossistemas aquáticos, ocorridos no tempo e no espaço, considerando fatores sazonais e origens antrópicas e/ou naturais. No caso de ambientes lóticos, esses possuem características próprias, dificultando o estabelecimento de único parâmetro de forma padronizada no sistema hídrico (SOUZA, 2009).

A CETESB utiliza desde 1975 o IQA – Índice de Qualidade das Águas (desenvolvido nos Estados Unidos e adaptado pelo órgão), como parâmetro para o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, que foi expandido para todo o país (CETESB, 2020). As variáveis refletem principalmente a contaminação dos corpos hídricos ocasionada por lançamento de esgotos domésticos, tendo como principal utilização para o abastecimento público. No entanto, a crescente urbanização e industrialização vem produzindo maior complexidade nos poluentes lançados ao meio ambiente deflagrando algumas limitações no índice.

Neste sentido, foram desenvolvidos ou adaptados uma gama de indicadores que visam identificar os impactos causados pela maior diversidade de poluentes. No entanto, as diretrizes normativas no Brasil buscam indicadores que priorizam o gerenciamento no âmbito do abastecimento público e a preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas. Nesse espectro, cita-se os seguintes índices que são bastante utilizados: (CETESB, 2020)

- Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP)
- Preservação da Vida Aquática (IVA)
- Balneabilidade (IB)
- Índice de Estado Trófico (IET)
- Contaminação por Tóxicos (CT)

3.5 Rede de Monitoramento do Brasil

A ANA gerencia diretamente 1.542 estações de monitoramento da qualidade das águas no território nacional, além disso, o órgão possui parcerias com empresas concessionárias de energia elétrica e outros órgãos federais e estaduais (ANA, 2021). Observa-se que em sua maioria, os pontos possuem maior concentração nas regiões Sul e Sudeste, sendo a periodicidade do monitoramento trimestral.

No Estado de Minas Gerais, o IGAM opera desde o ano de 1997 o Programa Águas de Minas, responsável por monitorar águas superficiais e subterrâneas, disponibilizando uma série histórica de dados que produzem informações essenciais para o gerenciamento dos recursos hídricos para definição de estratégias que busquem a conservação, recuperação e o uso racional dos recursos hídricos (IGAM, 2022).

A rede conta com 600 estações de amostragem 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 (IGAM, 2022).

Sendo assim, tendo em vista o arcabouço bibliográfico abordado nesse capítulo, entende-se que a estrutura de um sistema de monitoramento consiste nas seguintes etapas:

1. Definição dos objetivos;
2. Planejamento;
3. Implantação;
4. Operação;
5. Coleta de dados
6. Tratamento e análise dos dados
7. Geração de informações
8. Gestão e tomada de decisão

3.6 Influências do uso e ocupação solo na qualidade da água

A classificação dos padrões de uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica possibilita o diagnóstico, planejamento hidrológico, urbano, agrícola e ambiental de uma determinada região. As aceleradas alterações na cobertura do solo sem o conhecimento prévio das consequências desse processo podem gerar danos significativos aos recursos naturais, principalmente na redução da qualidade e quantidade dos sistemas hídricos (SANTOS et al., 2011).

Vieira (2015) discute sobre os impactos da ocupação antrópica citando Medeiros (2007), que aborda sobre a ocorrência deste processo de forma concentrada nas margens dos cursos d'água, estando entre as principais causas de degradação ambiental em várias regiões do mundo, seja no ambiente urbano ou rural. O mesmo autor aborda que o uso inadequado do solo e das águas, associados à falta de práticas conservacionistas contribuem para o aumento dos processos erosivos e assoreamento dos corpos de água.

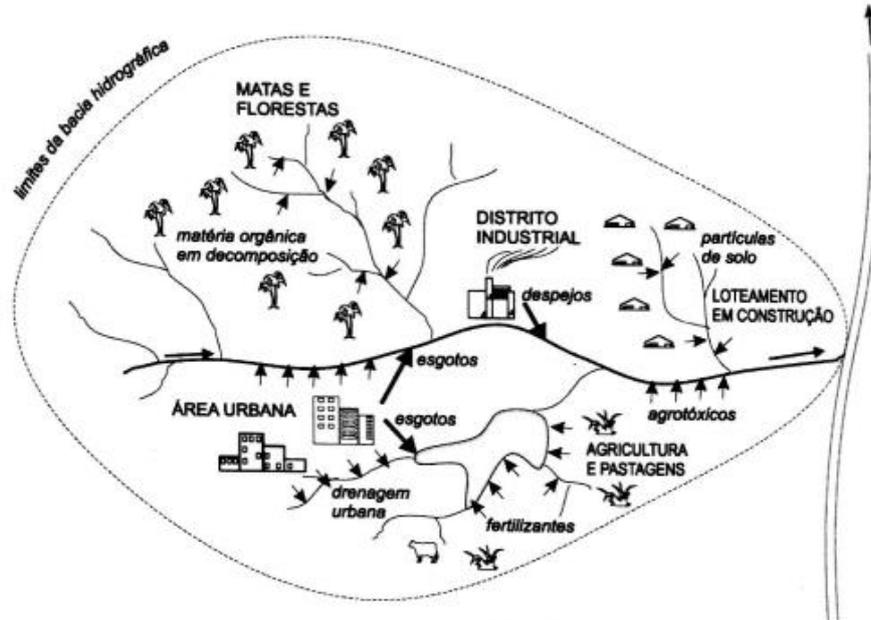
von Sperling (2007) afirma que o uso e ocupação do solo interfere diretamente na qualidade da água, independente da condição natural ou antrópica do espaço. Os reflexos e as influências são incorporados ao corpo hídrico, uma vez que a água possui capacidade de agregação e reação com os componentes, físicos, químicos e biológicos ao longo do seu percurso na bacia hidrográfica.

No âmbito das influências naturais, cabe citar o escoamento superficial e a infiltração no solo que incorporam partículas em suspensão ou dissolvida na água, mesmo que a cobertura do solo esteja composta por florestas nativas. Por sua vez, as influências antrópicas estão relacionadas ao despejo de esgotos domésticos ou industriais, quando no meio urbano, e aplicação de defensivos e insumos agrícolas, bem como os impactos da pecuária no meio rural, que altera o ciclo hidrossedimentológico, propiciando o aumento de carga poluidora (VON SPERLING, 2007).

Neste sentido, a poluição das águas pode ocorrer na bacia hidrográfica de forma pontual (em uma localização espacialmente fixa), onde ocorre uma descarga do poluente concentrado no ponto específico, ou de forma difusa, que não possui um ponto específico, estando associada

principalmente à drenagem pluvial, com descargas ao longo da bacia (VON SPERLING, 2005). A Figura 9 representa as influências do uso e ocupação do solo na qualidade das águas.

Figura 9 – Exemplo das influências do uso e ocupação do solo na qualidade das águas



Fonte: Von Sperling (2014).

Tu (2011) traz uma abordagem na relação do uso e ocupação do solo versus qualidade da água, atrelando-se de acordo com o nível de crescimento econômico e da atividade empreendida no território. Áreas com maiores níveis de desenvolvimento, o impacto adverso é maior, com altas concentrações de poluentes, ao contrário de regiões menos desenvolvidas.

Nesta linha de raciocínio, Mota (2008) afirma que as análises relacionadas à qualidade das águas devem ocorrer tendo em mente as atividades produtivas de uma bacia, haja vista a inter-relação dos componentes dos meios físico, biótico e antrópico.

Os problemas relativos às diferentes formas de usos e ocupação do solo nas bacias hidrográficas se distribuem espacialmente, fazendo com que os impactos nos recursos naturais evoluam no tempo (VANZELA, 2008).

Considerando esse processo evolutivo dos impactos na qualidade das águas no tempo e no espaço, Enokida e Magalhães (2009) afirmam que o resultado da espacialização dos dados de uso do solo e monitoramento dos usos dos recursos hídricos, sendo trabalhados de forma

correlacionada, geram informações de extrema importância para o diagnóstico da bacia hidrográfica, visando o gerenciamento ambiental adequado da área.

Diante do exposto, Mota (2008) enfatiza a necessidade de se determinar o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a fim de assegurar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos de forma permanente, organizando o desenvolvimento da bacia, e ao mesmo tempo, protegendo os mananciais. O autor indica algumas medidas de caráter regulatório na gestão territorial:

- Macrozoneamento, com a definição dos usos que serão realizados na bacia, em função das características ambientais e do potencial poluidor de cada um;
- Controle do parcelamento e da ocupação dos terrenos;
- Proteção de áreas especiais, como áreas de preservação ou de uso controlado; estabelecimento de faixas de proteção as margens de cursos d'água e reservatórios, como a criação de parques lineares;
- Proteção das áreas de recarga dos aquíferos e das águas subterrâneas;
- Definição de unidades de conservação (UCs);
- Proteção dos recursos hídricos de áreas urbanas.

3.7 SIG aplicado ao gerenciamento dos recursos hídricos

Vanzela (2008) faz a seguinte afirmação:

Com o advento da necessidade de compreender os problemas ambientais e de gerenciar os recursos hídricos, a possibilidade de integrar a modelagem hidrológica e de qualidade de água com Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) s tem sido nos últimos anos um grande desafio para o geoprocessamento.

Barbosa (2015) salienta que as ferramentas de SIG, associadas ao sensoriamento remoto, possibilitam realizar análises de um grande conjunto de dados geoespaciais, combinando vários mapas temáticos, com extensas informações de banco de dados provenientes de programas de monitoramento da qualidade das águas, de forma rápida e efetiva. Desta forma, obtêm-se resultados dos fenômenos ocorridos na superfície terrestre, refletindo na superfície aquosa.

A partir da definição do propósito, o SIG auxilia na elaboração de diagnóstico ambiental em bacias hidrográficas, integrando dados de diversas matrizes de forma otimizada e eficiente,

permitindo a formulação de prognósticos que subsidiam a gestão do território (TEIXEIRA; CRUZ, 2005).

3.8 Análises multivariadas como ferramenta de diagnósticos dos recursos hídricos.

A análise multivariada no aspecto do monitoramento da qualidade das águas é bastante aplicada devido à eficácia nos resultados. Sua aplicabilidade possui finalidade de caracterização e avaliação da situação do recurso hídrico, contribuindo para análises temporais, espaciais e tendenciais das variáveis qualitativas, identificando as principais influências antrópicas, bem como semelhanças e diferenças entre os pontos de monitoramentos, no contexto da poluição hídrica e características do uso e ocupação do solo (PINTO *et al.*, 2019).

As técnicas de análise multivariada estão em intenso processo de evolução, tendo em vista o volume significativo de informações armazenadas em banco de dados cada vez mais extensos, que necessitam de interpretação por meio destas técnicas na conversão do dado em conhecimento (BOAS, 2018). Hair Jr *et al.* (2009) definem também que a análise multivariada compreende técnicas estatísticas que analisam o grau de relação de diferentes amostras de um banco de dados.

Mingoti (2005) define que a estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos, no qual diversas variáveis são quantificadas simultaneamente em grupos amostrais, que de maneira geral se correlacionam, de tal forma que quanto maior o número de variáveis, maior complexidade nas análises. O processo de análise estatística multivariada se divide em dois grupos: técnicas exploratórias (conhecida também como simplificação); e técnicas de inferência estatística (MINGOTI, 2005).

A análise dos componentes principais (ACP) está inserida no contexto da técnica exploratória supervisionada, que trabalha na estruturação da variabilidade dos dados. Neste sentido, Dunteman, (1989) explica que a ACP transforma linearmente um conjunto de variáveis originais em um conjunto de variáveis correlacionadas, chamadas de “componentes”, que são ordenados de forma decrescente, baseado no percentual de variância dos dados representados. Desta forma, os primeiros componentes relevam a maior parte da variação dos dados originais, denominando-se “componentes principais”.

A ACP é uma técnica matemática da análise multivariada que possibilita investigar um grande volume de dados, transformando o conjunto original em outro conjunto de Componentes Principais. Essa transformação ocorre com a menor perda de dados possíveis, eliminando algumas variáveis que não possuem relação com os Componentes (VICINI, 2005). Wang *et al.* (2013) detalham que a ACP é aplicável na determinação das inter-relações de múltiplas variáveis, extraindo informações objetivas e coerentes inerentemente comuns em suas dimensões, reduzindo a proporção dos dados de uma matriz métrica.

Pinto (2021) aplicou a ACP como metodologia para monitoramento da qualidade da água da rede de amostragem da bacia do rio das Velhas, considerando dados secundários de 12 variáveis físicas, químicas e microbiológicas, de amostras coletadas durante 21 anos. Na aplicação do modelo construído, o método foi capaz de identificar amostras críticas em termos de poluição, principalmente em relação a efluentes domésticos e industriais, onde foram indicados três componentes principais, responsáveis por explicar 62,47% da variabilidade total da qualidade da água. Estipulou-se também que os meses de janeiro, julho e outubro foram os que mais contribuíram com a variação dos dados.

A Análise de Cluster (AC) é uma técnica de exploração de dados que busca identificar padrões de comportamento semelhantes entre os objetos observados com base em determinadas variáveis. Seu propósito é criar grupos ou clusters, nos quais os elementos apresentem proximidade ou similaridade entre si. Dessa forma, os clusters são formados por conjuntos internamente homogêneos e externamente heterogêneos, refletindo o comportamento conjunto das observações em relação às variáveis específicas. (FÁVERO e BELFIORE, 2017)

De acordo com Zhao *et al.* (2011), o método mais comum para realizar essa análise é o agrupamento hierárquico, no qual os clusters são formados sequencialmente. Esse processo inicia com o pareamento dos objetos mais similares, formando clusters iniciais, e prossegue passo a passo, agregando objetos em clusters de níveis superiores, com base em sua similaridade.

A análise de cluster visa estabelecer agrupamentos por similaridades dos valores das variáveis em todos os pontos de monitoramento, classificando-as de acordo com sua maior semelhança, formando grupos que possuem características próximas, considerando a distância euclidiana,

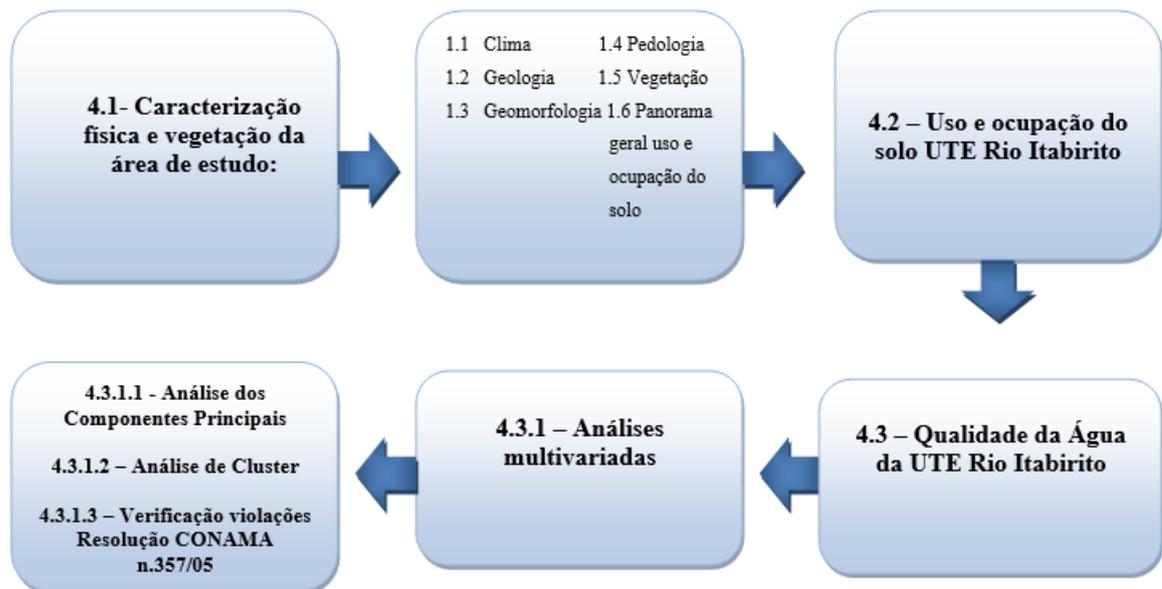
que determina quanto maior sua distância, mais dissimilares serão os grupos (HAIR *et al*, 2005).

Considera-se, desta forma, que a adoção de métodos estatísticos multivariados aplicados em análise da qualidade da água são ferramentas estratégicas no desenvolvimento de análises considerando dados multiparâmetros de amplitude temporal e espacial, tornando tais análises menos dispendiosas e de melhor interpretação, propiciando entendimento das dinâmicas do território em estudo, subsidiando diagnósticos na gestão dos recursos hídricos.

4.METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos que foram executados neste trabalho estão discriminados no fluxograma de atividades da pesquisa representado pela Figura 10. O detalhamento será realizado no presente capítulo.

Figura 10 – Fluxograma com os procedimentos metodológicos da pesquisa



Fonte: O autor.

4.1 Caracterização da área de estudo

O rio Itabirito tem suas primeiras nascentes na porção noroeste da bacia e suas cabeceiras estão localizadas na vertente oeste da Serra da Moeda, em altitudes que variam entre 1460 m a 1520

m. Seu canal principal tem sentido norte percorrendo aproximadamente 23,5 km, atravessando a área urbana do Município de Itabirito até o encontro com o córrego Luiza dos Santos ou Moleque. Na sequência, segue no sentido nordeste percorrendo aproximadamente 5,4 km até o encontro com o rio das Velhas. O rio Itabirito está enquadrado como classe 2 em sua calha, entretanto, os cursos d'água de primeira ordem são enquadrados como classe 1 ou especial. (MYR PROJETOS, 2013).

4.1.1 Clima

O clima da UTE Rio Itabirito de acordo com a classificação de Köppen-Geige é predominantemente tipo Cwa, considerado subtropical de inverno seco com temperaturas inferiores à 18° C, e verões quentes com temperaturas superiores à 22° C. Característico de regiões serranas na região Sudeste. A precipitação média anual é de 1.572 mm/ano, sendo que no mês de dezembro, que é o mais chuvoso, em torno de 299,93 mm, e no mês de julho, o mais seco, apresenta média 7,27 mm (PMSB ITABIRITO, 2013).

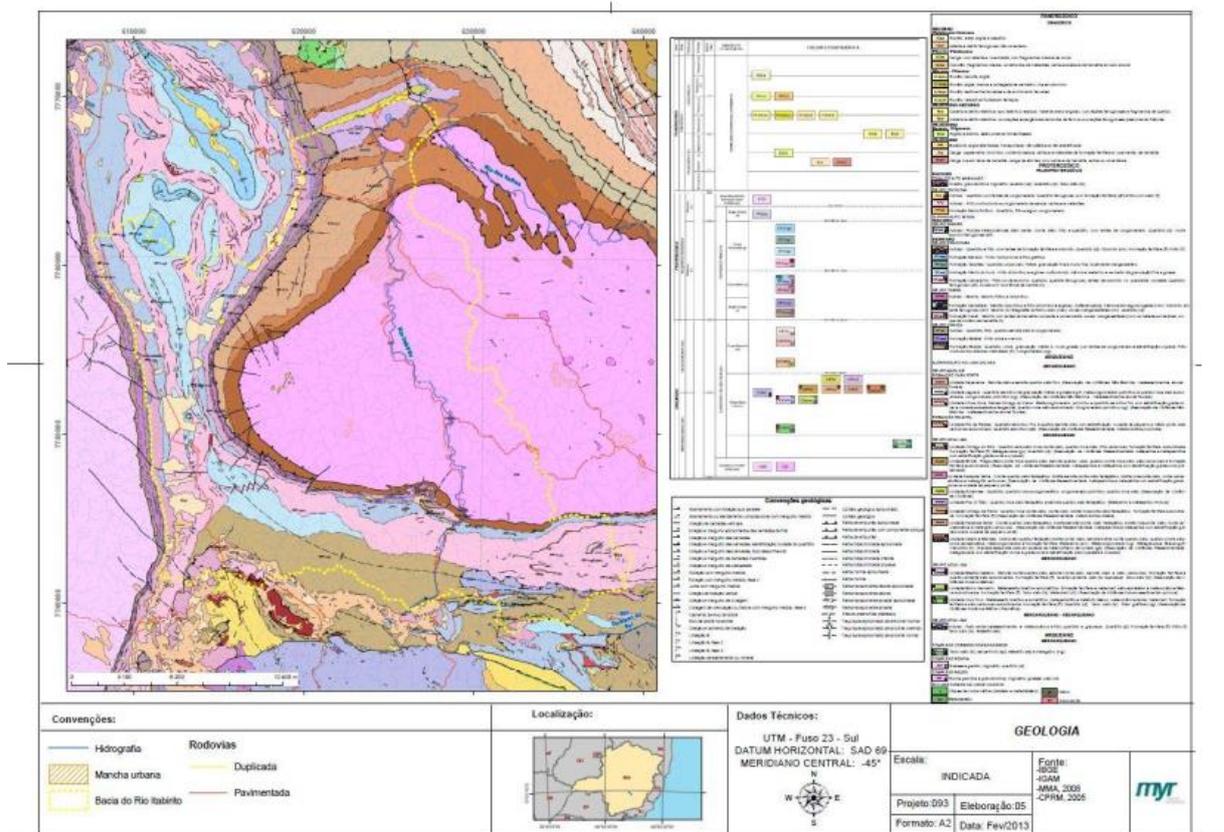
4.1.2 Geologia

As principais formações litoestratigráficas da UTE Rio Itabirito são as seguintes (PDRH, 2015):

- Terrenos Granito-Gnáissicos de idade arqueana e transamazônica;
- Greenstone Belts de idade arqueana: - rochas dispostas no Supergrupo Rio das Velhas com rochas com predomínio de quartzitos e xistos;
- Rochas do Supergrupo Minas (Grupo Piracicaba): - formação fecho do funil de idade paleoproterozóica, representada por Filito dolomítico e argiloso;
- Supergrupo Minas de idade proterozóica: - sobrepondo-se aos Terrenos Granito-gnáissicos e aos Greenstone Belts com predominância de rochas de formações ferríferas bandadas (BIF's);
- Canga (Enec): formações superficiais de idade cenozoica, representadas por fragmentos de itabirito e hematita compacta, cimentados por limonita;
- Rochas do Supergrupo Minas (Grupo Itabira): - formação Cauê de idade paleoproterozóica, constituída por itabirito hematítico e magnetítico;

Convém ressaltar que a unidade geológica Grupo Itabira, representa maior relevância econômica no quadrilátero Ferrífero, devido aos seus depósitos de minérios de ferro e ouro, mas também possui maior riqueza do ponto de vista hídrico, por sua capacidade de armazenamento e transporte do nível freático no aquífero Cauê, conforme demonstrado pela Figura 11.

Figura 11 – Mapa Geológico da UTE Rio Itabirito



Fonte: Myr Projetos, 2013.

4.1.3 Geomorfologia

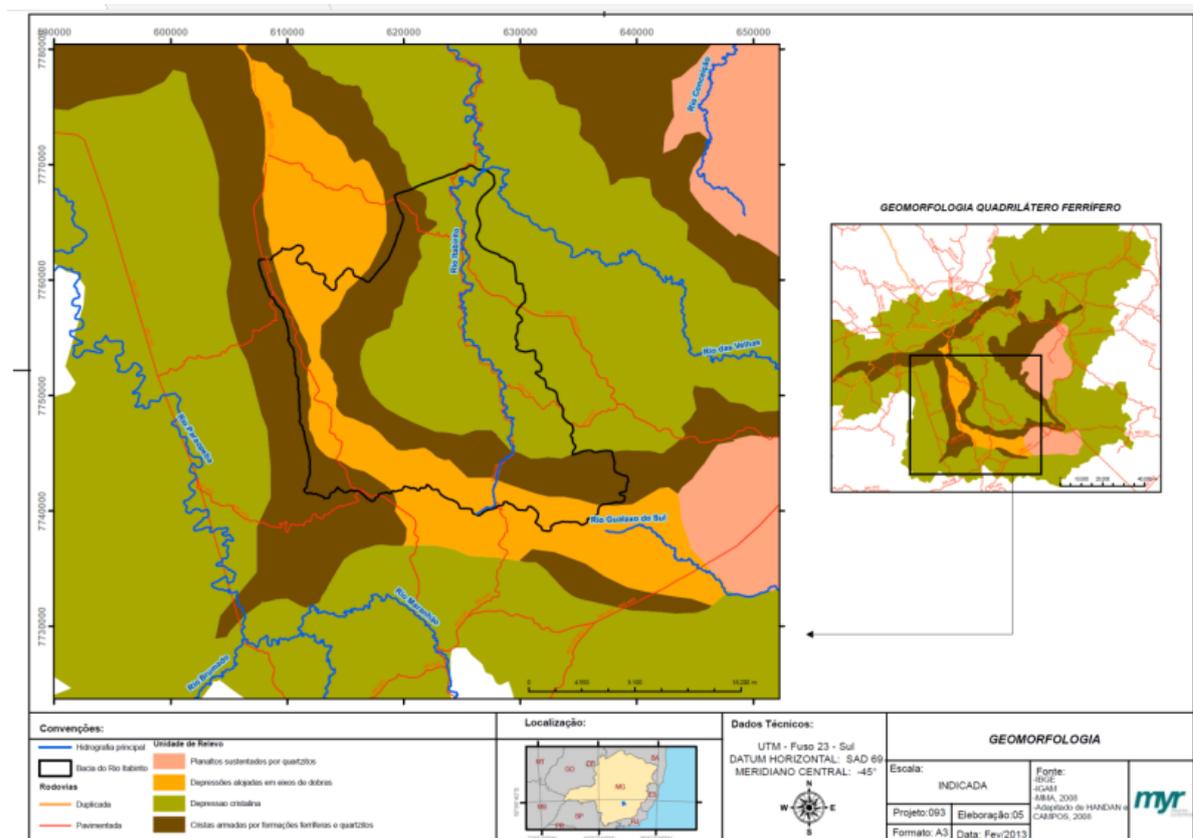
Os principais compartimentos geomorfológicos são os seguintes (MYR PROJETOS, 2013):

Cristas Armadas por Formações Ferríferas e Quartzitos: O arranjo geo-estrutural do Quadrilátero Ferrífero é formado por uma série de cristas rígidas e sinuosas que circundam sua forma de quadrilátero, sustentadas por formações ferríferas e/ou quartzitos. Essas cristas correspondem quase sempre a bordas de sinclinais, onde se apresentam duas vertentes sempre muito íngremes.

Depressões Alojadas em Eixos de Dobras: Compartimentos geomorfológicos formados por estruturas tectônicas com feições erosivas dissecadas em estruturas dobradas, gerando depressões alongadas em anticlinais escavados e sinclinais suspensos;

Depressão Cristalina Central do Bação: Este compartimento é muito importante geomorfológicamente no contexto do Quadrilátero Ferrífero, pois ocupa o centro do mesmo, sendo bordejada pelas altas cristas internas da estrutura geológica. As formas de relevo são predominantemente morros situados entre as cotas de 950 e 1300m, em geral, na direção NW-SE. A Figura 12 apresenta os compartimentos geomorfológicos da UTE Rio Itabirito.

Figura 12 – Mapa Geomorfológico da UTE Rio Itabirito



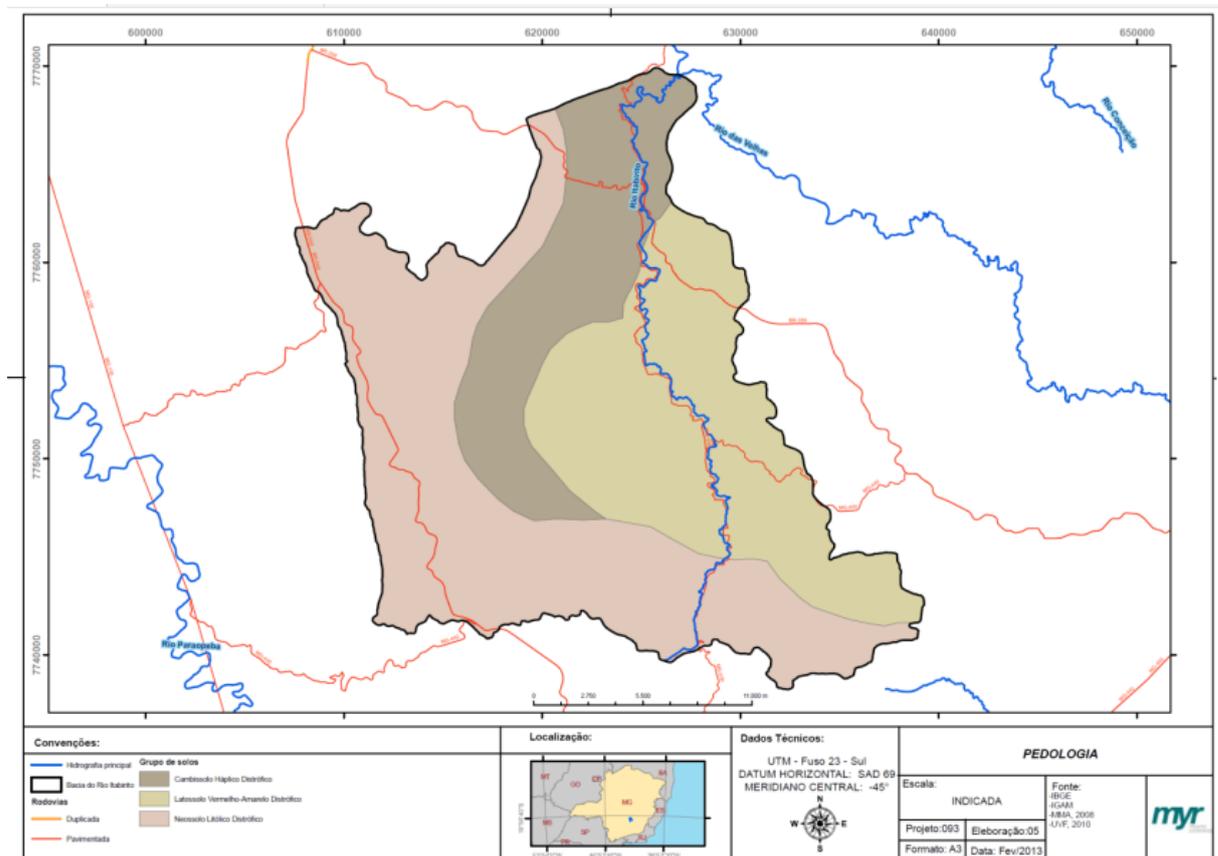
Fonte: Myr Projetos, 2013.

4.1.4 Pedologia

De acordo com a Myr Projetos (2013), existem três tipos predominantes de solos na UTE Rio Itabirito:

- **NEOSSOLO LITÓLICO** - Associado à afloramento rochoso, solos rasos, horizonte A incipiente, ambos em fase do cerrado e caatinga, relevo ondulado a fortemente ondulado e montanhoso;
- **CAMBISSOLO HÁPLICO** - Horizonte A moderado, textura média/argilosa, pedregoso/não pedregoso, relevo ondulado e fortemente ondulado;
- **LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO** – Horizonte B profundo, bem drenado, textura argilosa; fase cerrado, relevo plano e suave ondulado. A Figura 13 demonstra o mapa pedológico da UTE Rio Itabirito.

Figura 13 – Mapa Pedológico da UTE Rio Itabirito.



Fonte: Myr Projetos, 2013.

4.1.5 Vegetação

A UTE Rio Itabirito está totalmente inserida na transição entre os biomas do cerrado e da mata atlântica. Identifica-se também a fitofisionomia característica do Cerrado como Campos Rupestre e Campos de Altitude (AB'SÁBER 2012).

Desta forma, 21.921 ha, ou 41,97% do território da bacia, correspondem à fisionomias naturais. Sendo deste total, 14.061 ha, correspondem à floresta estacional semidecidual (26,92 % da área total da bacia), 5.560 ha, ou 10,65% da bacia, correspondem à formações campestres típicas de Cerrado e 2.300 ha (4,4%) à campos rupestres PDRH (2015).

4.1.6 Panorama geral sobre o uso e ocupação do solo da UTE Rio Itabirito.

De acordo com a revisão do Plano Diretor Municipal de Itabirito (PDMI, 2019), o município tem maior adensamento urbano na área central onde localiza-se o distrito sede, além de dois distritos, São Gonçalo do Bação e Acuruí. Considerando a bacia do rio Itabirito, há ocorrência de concentrações urbanas nas localidades de Engenheiro Correia e Santo Antônio do Leite (município de Ouro Preto) e Córrego do Bação e Ribeirão do Eixo (município de Itabirito) (PMSB ITABIRITO, 2013).

A maior parcela do território da bacia insere-se na zona rural com 92,75%, diante de 7,25% na zona urbana. Não obstante, o maior adensamento ocorre no espaço urbano. Neste sentido, a gestão da bacia requer uma atenção para estes núcleos urbanos com relação às formas de destinação dos esgotos e resíduos, principalmente o doméstico, ainda mais em relação à ocupação de áreas irregulares, sobretudo perto dos cursos d'água. No contexto da área rural, as preocupações são mais relacionadas às atividades econômicas desenvolvidas e o uso da água (PMSB ITABIRITO, 2013).

A UTE Rio Itabirito possui alta predisposição a processos erosivos, que culminam em grande parte das vezes em movimentação de massas. Esses processos estão concentrados em vertentes íngremes, identificadas em praticamente todas as classes de uso e ocupação do solo da bacia, especialmente nas porções nordeste e sudeste. Diagnosticou-se que as causas da maioria dos processos erosivos estão relacionadas com atividades minerárias desativadas e sem descomissionamento; implantações de vias sem pavimentação que não apresentam dispositivos de controle dos fluxos de águas superficiais e outras intervenções relacionadas com uso agropecuário, principalmente a substituição de vegetação nativa por pastagens, em vertentes com declividade acentuada (MYR PROJETOS, 2013).

A característica fundamental da região é a mineração em suas diversas modalidades, tendo em vista a proximidade a RMBH, essas características conjuntas levam a um elevado potencial de uso e ocupação do solo, especialmente na porção oeste da bacia. Sendo assim, os aspectos físicos da bacia indicam sobreposições de fragilidades ambientais considerando também o longo processo histórico de ocupação do território, a exemplo das atividades industriais de extração, processamento mineral, atividades agrossilvipastoris, ocupações habitacionais e demais fatores de transformação do meio (PDMI, 2019).

4.2 Uso e ocupação do solo da UTE Rio Itabirito.

Visando subsidiar as análises geoespaciais no que tange o uso e ocupação do solo na UTE Rio Itabirito, elaborou-se mapa com tipologias e padrões do ordenamento territorial, considerando as áreas de contribuições à montante dos pontos de monitoramento realizado pelo IGAM, que conta com 06 pontos na bacia, inseridos desde as cabeceiras até próximo a foz do rio Itabirito, antes da confluência com o rio das Velhas.

As classes de uso e ocupação do solo que foram adotadas no presente estudo são as seguintes:

- Área Urbana
- Afloramento Rochoso
- Agropecuária
- Corpos d'água
- Mineração
- Queimada
- Silvicultura
- Vegetação arbórea
- Vegetação arbustiva

O processo de elaboração do mapa de uso e ocupação do solo proposto pelo presente trabalho, iniciou-se com as etapas metodológicas que consistem na aquisição, tratamento, processamento e georreferenciamento, utilizando imagens do satélite CBERS.

A aquisição das imagens de satélite foi realizada através do site do INPE, na opção “catálogo de imagens”. Para cenas referentes ao ano de 2021, o satélite utilizado foi o CBERS 4A, com resolução espacial de 8m, dependendo da composição da banda. A Tabela 2 demonstra as características do satélite.

Tabela 2 – Características do satélite CBERS 4A

	Intervalo de Frequência (μm) dos sensores			
	MUX	PAN	IRS	WFI
Banda espectrais	0,45 – 0,52 (B)	0,51 – 085 (Pan)	0,50 – 0,90 (Pan)	0,45 – 0,52 (B)
	0,52 – 0,59 (G)	0,52 – 0,59 (G)	1,55 – 1,75 (SWIR)	0,52 – 0,59 (G)
	0,63 – 0,69 (R)	0,63 – 0,69 (R)	2,08 – 2,35 (SWIR)	0,63 – 0,69 (R)
	0,77 – 0,89(NIR)	0,77 – 0,89 (NIR)	10,40 – 12,50 (TH)	0,77 – 0,89 (NIR)
Resolução espacial (m)	20	2	40	64
Resolução temporal (dias)	26	5	26	5
Largura da cena (km)	120	6	120	866

Fonte: INPE (2022), adaptado pelo autor.

Destaca-se que o satélite CBERS 4A possui uma avançada Câmera Pancromática e Multiespectral, que por meio de técnicas de processamento digital de imagens, a resolução espacial pode alcançar o valor de 2m, contribuindo para otimização na utilização das ferramentas de geoprocessamento.

O software utilizado para todo processo de tratamento, processamento, georreferenciamento e geoprocessamento para produção do mapa foi o Quantum Gis (QGIS) versão 3.24.1, que é uma aplicativo profissional de SIG livre e de código aberto, desenvolvido inicialmente pela Open Source Geospatial Foundation em 2007, mas que atualmente é mantido por desenvolvedores voluntários, que trabalham na atualização contínua do programa.

Para o processamento das imagens considerou-se as bandas 0, 1, 2, 3, 4, que foram georreferenciadas no Datum Sirgas 2000, Zona 23 S. Houve a necessidade da realização de um mosaico de duas cenas para que houvesse cobertura total da bacia. Dando prosseguimento, realizou-se a mesclagem das bandas gerando uma camada Raster única, na sequência elaborou-se a composição colorida RGB, no intuito de melhorar a visualização da imagem dentro do espectro do visível real.

Por fim, adicionou-se as demais camadas em arquivos no formato shape file, como os limites da UTE, drenagem e demais bases cartográficas, bem como foram inseridos os pontos de monitoramento do IGAM, considerando as coordenadas geográficas informadas no banco de dados adquirido.

Concluída essa etapa, realizou-se o processo para melhorar a resolução espacial da imagem de 8 m (que já é considerada muito boa) para 2 m, utilizando a ferramenta Pansharpening no QGIS, adicionando a banda 0 - Pancromática, desta forma foi possível melhorar a qualidade da composição colorida, contribuindo significativamente para as classificações dos mapas de uso e ocupação do solo.

A técnica empregada para definição das classes de uso e ocupação do solo foi a Classificação Supervisionada, procedimento para análise quantitativa dos dados da imagem de sensoriamento remoto, onde são processados algoritmos para nomeação dos pixels de uma imagem, considerando as formas e os tipos da cobertura terrestre.

4.3. Qualidade da água da UTE Rio Itabirito

Os dados de qualidade das águas que foram trabalhados referem-se aos pontos de monitoramento do IGAM do “Projeto Águas de Minas”, obtidos por meio de solicitação formal junto ao órgão, uma vez que o Portal Infohidro vem apresentando problemas técnicos. A frequência das amostragens são trimestrais. Os dados foram estruturados em planilhas mediante tabulação, organização e separação por datas, variáveis, estações e resultados, considerando o período de 2005 a 2021, tendo em vista a maior consistência e disponibilidade dos dados, além de ser o marco inicial da implantação da Resolução CONAMA N.º 357/2005.

Adotou-se para o presente estudo as variáveis apresentadas no Quadro 1, uma vez que as mesmas sintetizam de forma eficiente os principais parâmetros físico-químicos que são influenciados em decorrência dos padrões de uso e ocupação do solo.

O Quadro 4 apresenta as estações da rede de monitoramento inseridas na UTE Rio Itabirito que irão auxiliar nas análises do presente trabalho. Além da nomenclatura, foi atribuída a cada estação uma cor, visando instrumentalizar as análises multivariadas que serão realizadas.

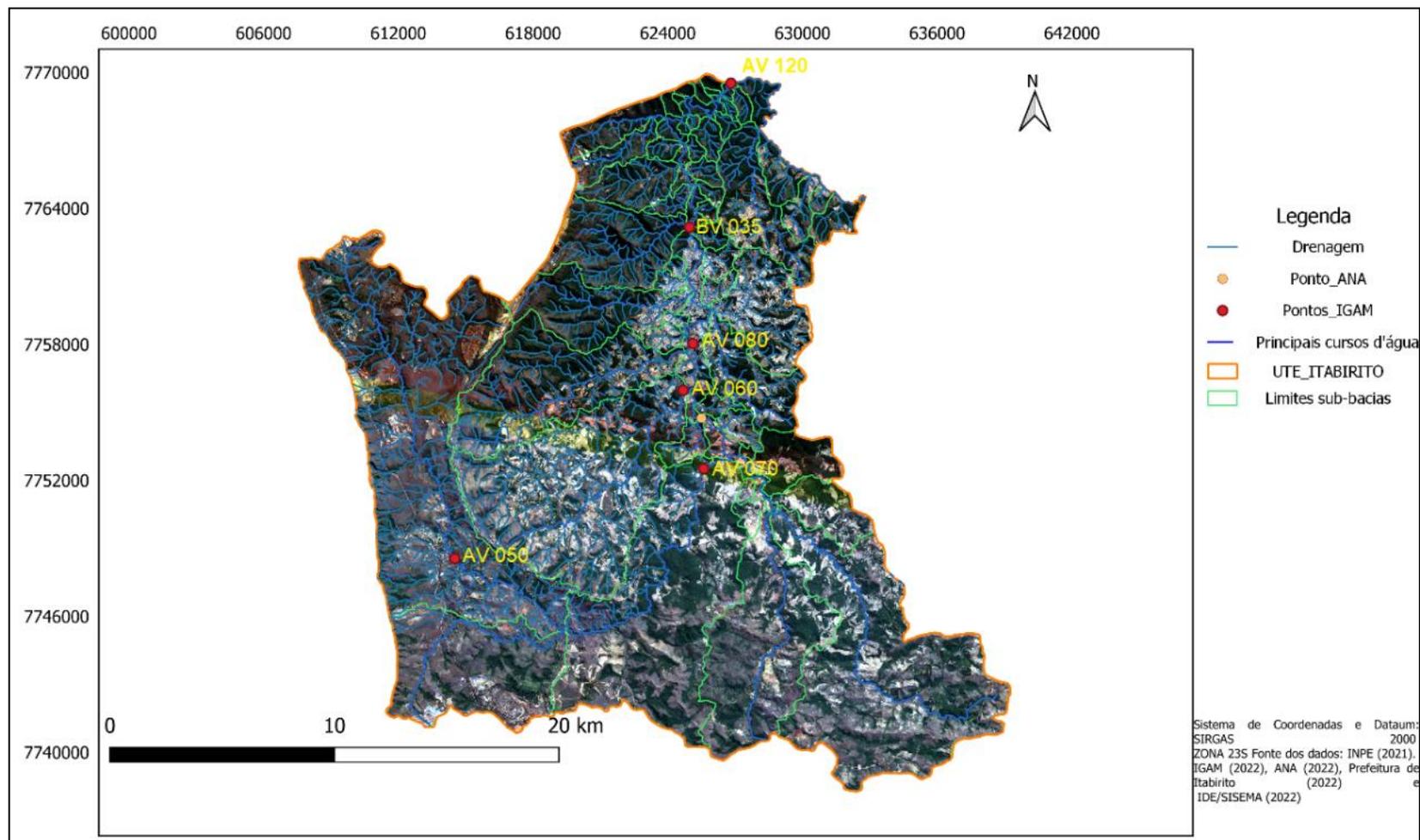
Quadro 4 – Estações da rede de monitoramento na UTE Rio Itabirito.

Estação Responsável	Cor	Curso d'água	Lat.	Long.	Descrição	Altitude
AV050 IGAM	Cinza	Ribeirão do Silva	-20°21'21"	-43°53'53"	Montante córrego das Almas	980
AV060 IGAM	Azul	Ribeirão Carioca	-20°17'17"	-43°48'48"	Montante confluência ribeirão Mata Porcos	884
AV070 IGAM	Marrom	Ribeirão Mata Porcos	-20°19'19"	-43°47'47"	Próximo confluência com o Rib. Sardinha	878
AV080 IGAM	Verde	Rio Itabirito	-20°16'16"	-43°47'47"	Montante cidade de Itabirito	871
BV035 IGAM	Vermelho	Rio Itabirito	-20°14'14"	-43°48'48"	Jusante da cidade de Itabirito	770
AV120	Amarelo	Córrego Moleque	-20°10'10"	-43°48'48"	A montante rio Itabirito (próx. A foz)	764

Fonte: IGAM (2022), adaptado pelo autor

A Figura 14 representa a geoespacialização dos pontos de monitoramento distribuídos na bacia, associados aos principais cursos d'água e rede de drenagem.

Figura 14 – Geoespacialização dos pontos de monitoramento do IGAM na UTE Rio Itabirito.



Fonte: O autor.

4.3.1 Estatística multivariada dos coeficientes das variáveis

Devido as unidades estarem em medidas diferentes, realizou-se a padronização dos dados, conforme orientado por REGAZZI (2000), calculando a média zero e variância 1 do desvio padrão, conforme Equação 1:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S(X_j)} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{e} \quad j = 1, 2, \dots, p$$

Em que, X_j e $S(x_j)$ são, respectivamente, a estimativa da média e o desvio padrão da característica j .

Tanto na ACP, como na AC, adotou-se a mesma padronização dos dados, utilizando-se do software estatístico PAST, versão 4.03. Desenvolvido pela Oyvind Hammer, da Universidade de Oslo (Noruega), para estudos diversos em ecologia

4.3.1.1 Análise dos Componentes Principais (ACP)

O processo de aplicação da ACP, objetiva identificar os principais parâmetros responsáveis que explicam a maior variabilidade dos dados de qualidade da água, no que concerne as diferentes fontes de poluição atuantes em cada área de contribuição dos pontos de monitoramento da UTE Rio Itabirito, reduzindo a abrangência dos dados para análises mais objetivas e concentradas na determinação dos problemas de cada um dos 6 pontos de monitoramento.

A partir do delineamento citado por Guedes *et al.* (2012), definiu-se como critério que a variância total acumulada entre 70 e 90% oferece uma representação satisfatória no que diz respeito a variância original.

4.3.1.2 Análise de Cluster

Como algoritmo, utilizou-se o método Ward, procedimento de agrupamento hierárquico no qual são calculados a soma de quadrados entre os grupos, considerando todas as variáveis (HAIR *et al.*, 2005).

4.3.1.3 Verificação de violações das variáveis da CONAMA N°. 357/2005.

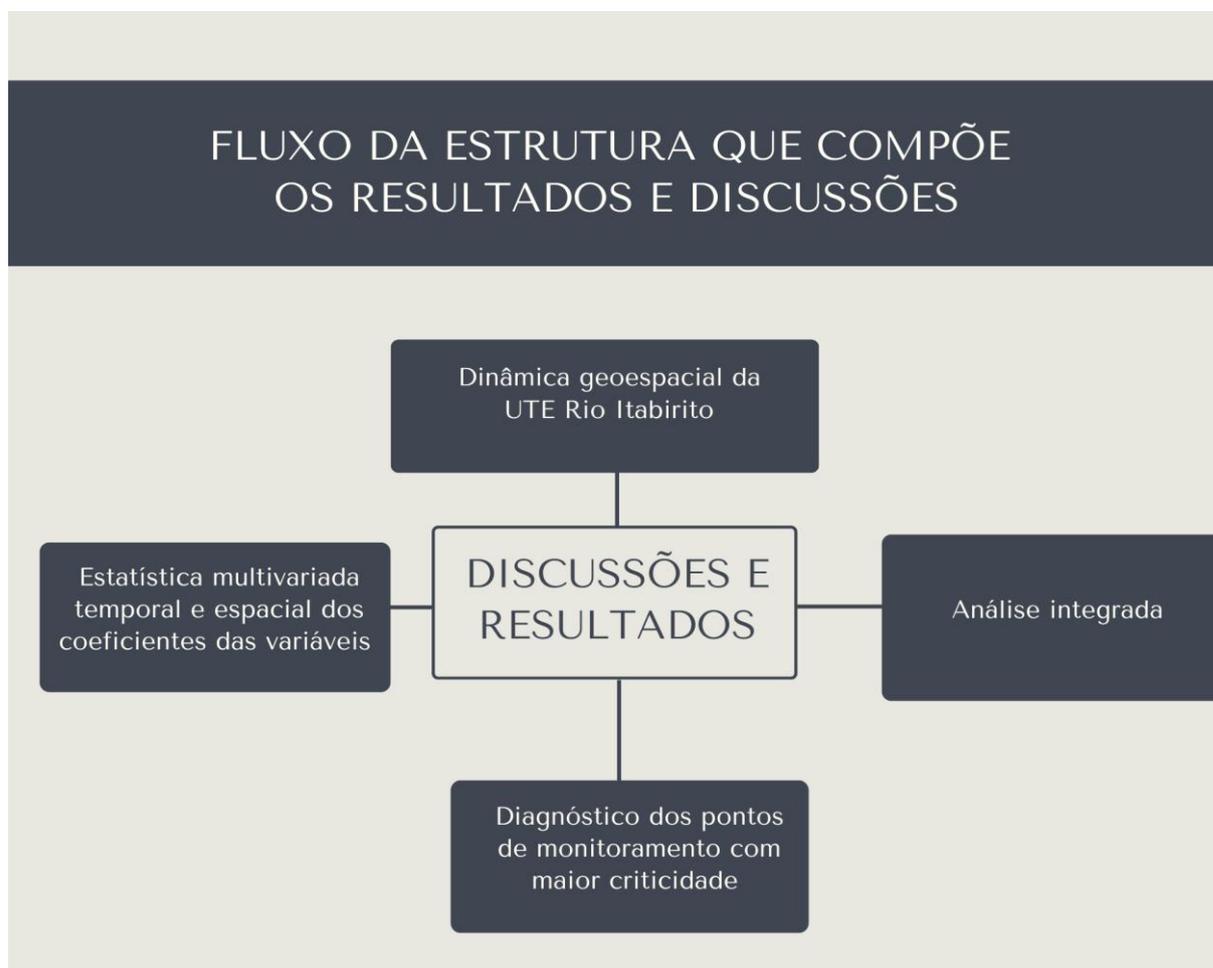
A partir dos resultados obtidos na ACP e AC verificou-se as violações das variáveis estabelecidas pela Resolução CONAMA n°. 357/2005, indicando as desconformidades no âmbito dos pontos de monitoramentos, levando-se em conta o mesmo período proposto (2005 a 2001). A análise consiste em verificar os percentuais de violações em relação ao número total de amostras, bem como a quantidade de violações por estação.

Ressalta-se que as classes de enquadramento de todos os cursos d'água onde estão localizados os pontos de amostragem são consideradas como Classe 2. Desta forma, visou-se complementar e fundamentar os resultados e discussão, contribuindo para o os objetivos do trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa consiste em integralizar as linhas de ações metodológicas acima propostas, tendo como perspectiva que esses eixos se complementem e se validem no processo de construção de subsídios e elementos para os resultados e discussões. Adicionalmente, a convergência destas ações possam determinar as áreas de maior criticidade na UTE do Rio Itabirito, em relação às pressões e influências que o uso e ocupação do solo exercem na qualidade das águas, portanto, atingindo os objetivos do trabalho. Neste sentido, a Figura 15 apresenta as análises e discussões que serão produzidas no âmbito do trabalho.

Figura 15 – Diagrama com a estrutura dos resultados e discussões.

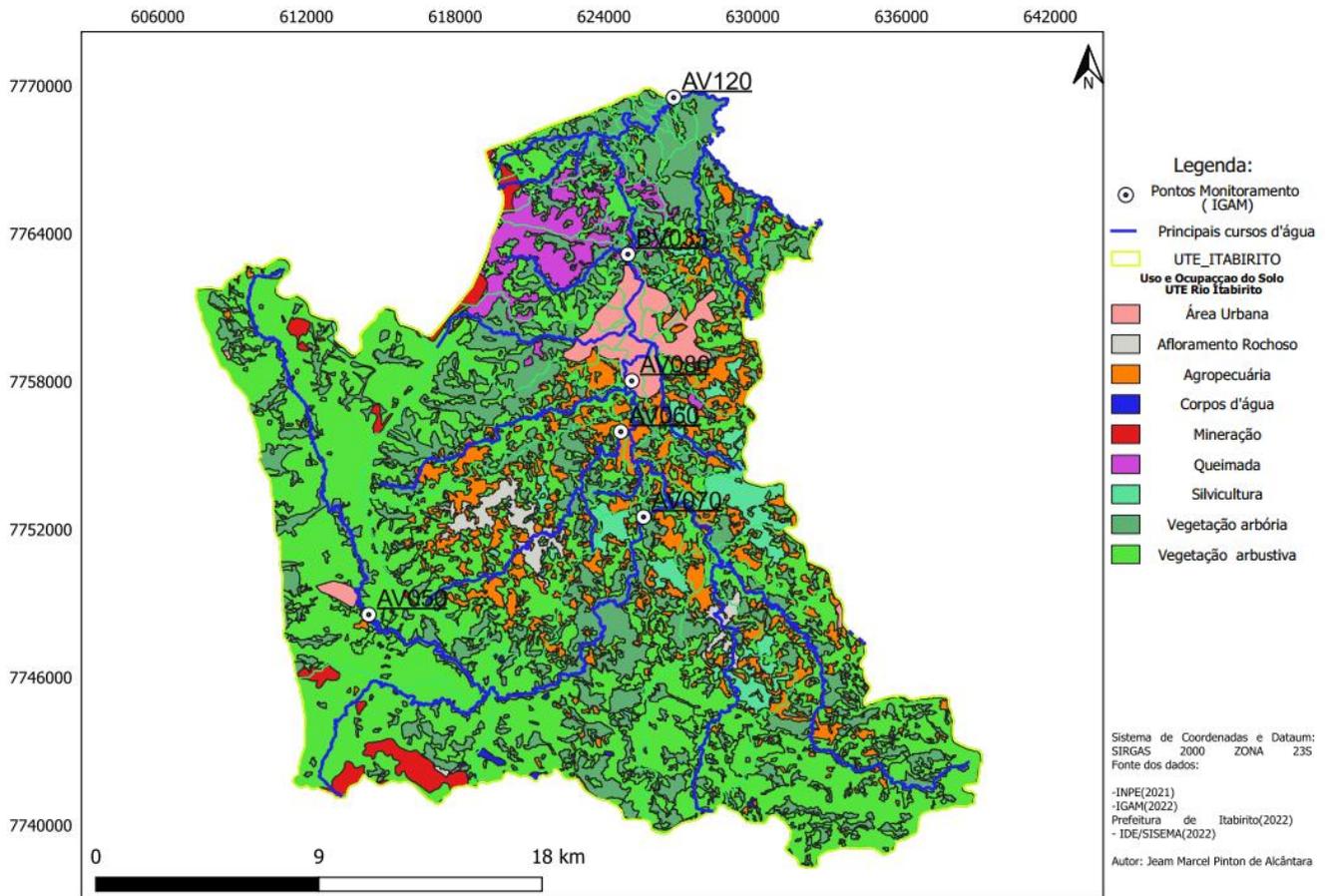


Fonte: Autor

5.1 Dinâmica geoespacial da UTE Rio Itabirito

A partir da elaboração do mapa de uso e ocupação do solo é possível identificar a dinâmica geoespacial da área de estudo, estabelecendo as principais classes que compreendem o território, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Mapa de uso e ocupação do solo UTE Rio Itabirito.



Fonte: Autor

As tipologias de uso do solo influenciam diretamente na demanda e disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os usos preponderantes de uma bacia hidrográfica, sendo assim, os aspectos qualitativos da água sempre têm relação com o uso que se faz da mesma. Por exemplo, uma água de qualidade adequada para uso industrial, navegação ou geração hidrelétrica pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, o uso agrícola, a recreação ou a preservação da vida aquática (ANA, 2012).

Diante do exposto, o Quadro 5 apresenta o percentual com as principais classes de uso do solo na UTE Rio Itabirito, a partir da elaboração do supracitado mapa.

Quadro 5 – Principais classes de uso do solo da UTE Rio Itabirito

Classe	Área (km²)	Porcentagem na UTE
Área Urbana	15,48	2,82%
Afloramento Rochoso	7,63	1,39%
Agropecuária	54,76	9,98%
Corpos d'água	1,20	0,22%
Mineração	9,65	1,76%
Queimada	16,64	3,03%
Silvicultura	17,84	3,25%
Vegetação Arbórea	125,13	22,80%
Vegetação Arbustiva	300,56	54,76%
TOTAL	548,89	100%

Fonte: Autor

A UTE possui um índice acima de 70% de preservação considerando a vegetação nativa, sendo que nas cristas armadas e nas bordas dos sinclinais com maior declividade e altimetria prevalece a vegetação arbustiva, enquanto nos fundos de vale encaixados e nos topos das depressões predomina a vegetação arbórea.

Os usos agrossilvipastoris ocorrem a partir da depressão cristalina do complexo do Bação, em colinas aplainadas com terrenos graníticos-gnáissicos e latossolos profundos, apesar de possuírem maior aptidão para tal, as características destes solos são altamente friáveis e erodíveis. Costa e Sobreira (2001) destacam a grande ocorrência de processos erosivos na paisagem neste compartimento geológico, culminando em ravinamentos e extensas voçorocas ativas que atingem dezenas de metros de profundidade, gerando consequências danosas para bacia hidrográfica.

Nas cabeceiras da bacia, circundadas pelas serras escarpadas e morros com encostas acentuadas estão distribuídos, principalmente a noroeste e sudoeste, grandes e pequenos projetos minerários em virtude das formações ferríferas, com afloramentos rochosos e neossolos litólicos. A mancha urbana mais significativa está na porção baixa da bacia, onde está localizada a sede do município de Itabirito, onde nesse trecho o rio Itabirito recebe vários de seus principais tributários e percorre no centro da cidade.

Lemos (2018), realizou um amplo estudo da evolução do uso e ocupação do solo na região hidrográfica do Alto Rio das Velhas, visando analisar a integração das políticas públicas de

recursos hídricos, gestão territorial e ambiental. O autor destacou que no período de 1987 a 2017, houve alteração significativa da vegetação arbórea no âmbito da UTE Rio Itabirito, em torno de -5,43%, em contrapartida ocorreram alterações nos percentuais da mineração (3,18%), atividades agrossilvipastoris (1,43%) e área urbana (0,96%). Além disso, verificou-se de forma comparativa, o crescimento destes padrões de uso e ocupação, que ultrapassou 100% como o caso da mineração, e acima de 80%, no que tange a área urbana.

5.2 Análise multivariada

Conforme critério adotado na metodologia, a ACP resultou em quatro componentes principais (CP's) que juntos explicam 73,98% da variabilidade total dos dados, com destaque para os CP's 1 e 2 que juntos acumulam a variância acima de 50% dos coeficientes das variáveis, conforme Tabela 3:

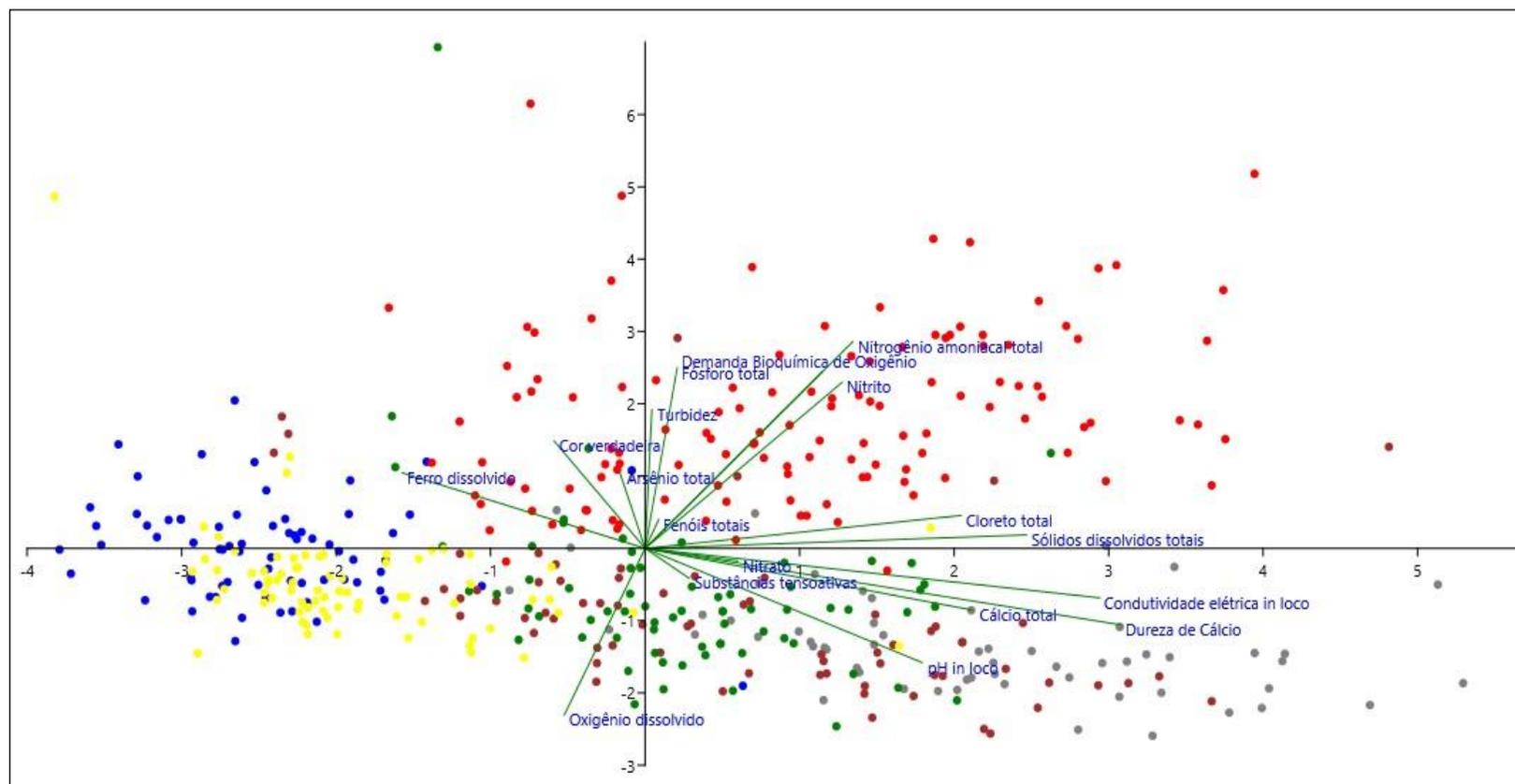
Tabela 3 – Variância acumulada dos componentes principais

PC	Eigenvalue	% Variance
1	3.39638	36.982
2	1.61168	17.549
3	1.1114	12.102
4	0.675153	7.3516

Fonte: Autor

O software utilizado permite a interpolação dos coeficientes das variáveis que possuem maior influência no âmbito dos 4 CP's, determinando os resultados mais relevantes na composição destes grupos, correlacionando-os com cada ponto de monitoramento conforme representado na Figura 17 e Tabela 4.

Figura 17 – Variáveis e pontos de monitoramento com maior representatividade na ACP



Estação Responsável	Cor	Curso d'água	Descrição
AV050	Cinza	Ribeirão do Silva	Montante córrego das Almas
AV060	Azul	Ribeirão Carioca	Montante confluência ribeirão Mata Porcos
AV070	Marrom	Ribeirão Mata Porcos	Próximo confluência com o Rib. Sardinha
AV080	Verde	Rio Itabirito	Montante cidade de Itabirito
BV035	Vermelho	Rio Itabirito	Jusante da cidade de Itabirito
AV120	Amarelo	Córrego Moleque	A montante rio Itabirito (próx. A foz)

Fonte: Autor

Tabela 4: Dados da Análise dos Componentes Principais

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4
Arsênio total	-0.0016	0.0202	-0.0037	-0.0503
Cálcio total	0.3618	-0.2767	0.5911	0.4992
Cloreto total	0.2813	0.2132	0.2423	0.4417
Condutividade	0.0482	0.0094	0.1019	-0.0087
Cor verdadeira	-0.0694	0.0421	-0.2813	-0.0688
DBO	0.7047	0.6227	0.6036	-0.0869
Dureza de cálcio	0.0522	-0.1605	-0.0332	-0.1765
Fenóis totais	0.0102	0.01267	0.0380	0.0313
Ferro dissolvido	0.3640	0.1939	-0.01261	0.5561
Fósforo total	0.5052	0.4449	0.3117	-0.1547
Nitrato	0.0950	0.4153	0.4171	0.1440
Nitrito	0.1262	0.5375	0.4060	0.5532
Nitrogênio amoniacal	0.0969	0.5321	0.6180	-0.1003
Oxigênio dissolvido	-0.0603	-0.2375	0.0431	-0.1955
Ph	0.2878	-0.1270	0.2062	-0.2420
Sólidos dissolvidos totais	0.3704	0.50560	0.1069	0.4092
Substâncias tensoativas	0.0535	0.0327	0.2388	0.1364
Turbidez	0.5222	0.4918	-0.0024	0.6214

Fonte: Autor

Cada ponto na Figura 17 representa os monitoramentos realizados, considerando o período analisado nas estações do IGAM, reproduzidas por suas respectivas cores. As estações se agrupam de acordo com as detecções mais acentuadas das variáveis, representadas pela linha verde. Neste sentido, as variáveis que possuem maior representatividade nos 4 CP's, são as seguintes:

- Cloreto total
- DBO
- Fósforo total
- Ferro dissolvido
- Nitrito
- Nitrogênio amoniacal total
- Sólidos dissolvidos totais
- Turbidez

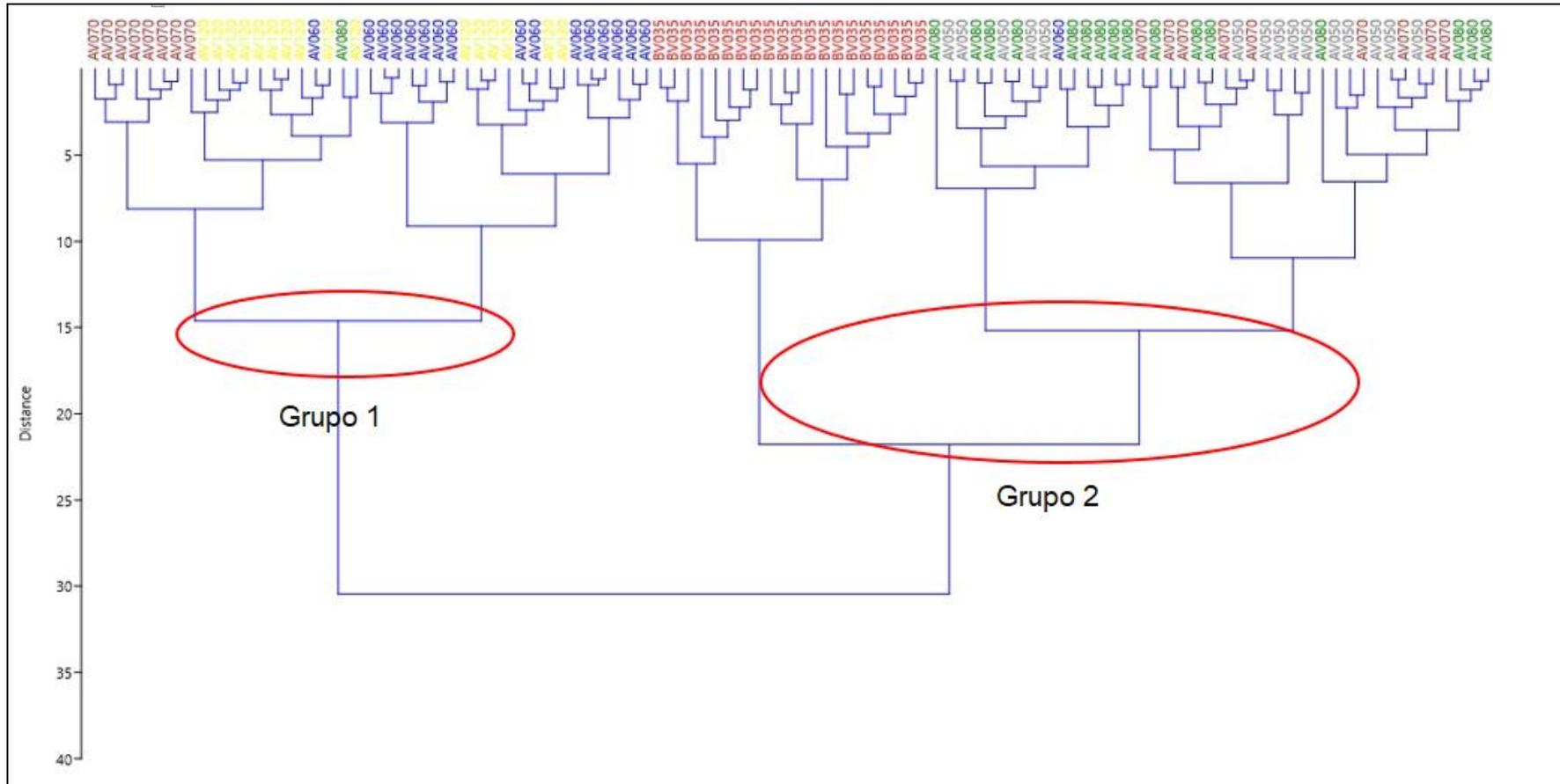
Este grupo de variáveis representativas estão principalmente associadas ao lançamento de esgotos domésticos e industriais, que contém grande quantidade de matéria orgânica e produtos químicos, como detergentes e produtos de limpeza. O lançamento inadequado em corpos d'água pode causar um aumento na concentração de DBO, nitrito, nitrogênio amoniacal total e cloreto total.

Enquanto as variáveis turbidez, ferro dissolvido e sólidos dissolvidos totais podem estar associadas ao carreamento de sedimentos provenientes das estradas rurais e resíduos de mineração, a variável fósforo total denota a possibilidade de influências das atividades agrícolas, pelo uso intensivo de fertilizantes e pesticidas.

Os resultados encontrados possuem compatibilidade com os estudos para simulação da qualidade das águas do rio Itabirito, realizado por Silva (2020), detectando que as variáveis que exerceram maiores influências no IQA no ano de 2019, tratam-se da DBO, pH, *E.coli*, OD, Nitrato, Fosfato, Turbidez, Temperatura e Sólidos totais. Ademais, o autor aplicou também a ferramenta do IQA considerando um histórico de 20 anos de dados amostrais, que possibilitou identificar que as variáveis que mais impactaram na degradação da qualidade da água foram *E. coli* e turbidez. As possíveis fontes citadas pelo autor estão relacionadas à esgotos domésticos, mineração e contribuições de processos erosivos.

Tendo como base as estações do IGAM delineadas no Quadro 4, Análise de Cluster resultou em 2 agrupamentos principais, conforme círculos em vermelho, classificando os pontos de monitoramento de acordo com as similaridades dos coeficientes das variáveis, formando grupos com valores semelhantes, conforme demonstrado no dendograma da Figura 18.

Figura 18 – Dendrograma com agrupamento das 6 estações de monitoramento referente análise de Cluster



Fonte: Autor

As estações AV 070 (Próximo confluência com o Rib. Sardinha/Marrom), AV060 (Montante confluência ribeirão Mata Porcos/Azul) e AV 120 (Cór. Moleque, Próx a foz/Amarelo), formam o grupo 1 e As estação BV 035 (Jusante da cidade de Itabirito/Vermelho), AV 050 (Montante córrego das Almas/Cinza) e AV 080 (Montante da cidade de Itabirito/Verde) formam o grupo 2.

Considerando os agrupamentos realizados é possível identificar padrões e tendências comuns em cada grupo em relação às características físicas, uso e ocupação do solo e qualidade da água, indicando que o grupo 1 se enquadra em um ambiente com o perfil rural, e o grupo 2 se encaixa mais próximo dos aspectos urbanos. Esta conclusão baseia-se nos resultados da ACP e da AC, validada pelo mapa de uso e ocupação do solo (Figura 16) haja vista que os resultados das variáveis estão condizentes com os respectivos perfis, por exemplo, as estações correlacionadas no grupo 1 estão mais próximas da área rural, portanto, as variáveis relativas ao lançamento de esgoto estão associadas a este grupo, esta mesma lógica se estabelece para o grupo 2 no ambiente com características urbanas.

Realizou-se verificação dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA n°.357/2005, a fim buscar se as violações porventura detectadas, complementam os resultados para análise integrada que será abordada a seguir.

Diante do exposto, as tabelas 5 e 6 apresentam a síntese dos resultados obtidos, demonstrando o percentual de violações das variáveis em relação ao total de amostras, indicando também o número desconformidades por ponto de monitoramento. Os dados completos estão no Anexo II do presente estudo.

Tabela 5 - Percentuais de violações por variável

Cloreto total	DBO	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio		Sólidos	
				amoniacal total	Ferro dissolvido	dissolvidos totais	Turbidez
0%	2,38%	19,61%	0%	0%	6,3%	0	18%

Fonte: Autor

Tabela 6 – Total de desconformidades para cada ponto de monitoramento

Estação	Total de desconformidades
AV 050	14
AV 060	36
AV 070	24
AV 080	30
AV 120	6
BV 035	105

Fonte: Autor

Os percentuais de violações identificadas no âmbito da Resolução CONAMA n°. 357/05, apontam as variáveis Fósforo total e Turbidez com maior expressividade, entretanto, as variáveis DBO e Ferro dissolvido também obtiveram percentuais de alterações, não foram identificadas violações para as variáveis Cloreto total, Sólidos dissolvidos totais, Nitrogênio amoniacal e Nitrito.

Realizando análise comparativa com o gráfico apresentado na Figura 17, entende-se que as variáveis Cloreto total e Sólidos dissolvidos totais, apesar de serem representativas na ACP, possuem menor variabilidade, no caso das variáveis Nitrogênio amoniacal e Nitrito, não atingiram as concentrações que extrapolassem os limites da legislação, tendo em vista que o processo de nitrificação ocorre rapidamente. Tal fato não significa que não houveram alterações significativas nestas variáveis, conforme apresentado na análise multivariada dos pontos de monitoramento.

Foram observadas desconformidades em todas as estações do IGAM, com destaque para Estação BV035, com quantidades discrepantes em relação às demais.

5.3 Análise Integrada

A convergência das ferramentas adotadas possibilitaram produzir resultados para uma análise holística, trazendo um olhar sistêmico para UTE Rio Itabirito. Identificou-se em relação aos resultados, que as variáveis de maior representatividade na ACP estão diretamente correlacionadas com a Estação BV 035 (Jusante da cidade de Itabirito/Vermelho), conforme Figura 17, a jusante do centro urbano de Itabirito, com maior densidade populacional.

Considerando a similaridade estabelecida na análise de cluster, em coerência com o mapa de uso e ocupação do solo, estas variáveis são influenciadas pelo lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, além do escoamento superficial proveniente dos processos erosivos e mineração, evidenciado também na verificação das violações da CONAMA n.º 357/2005.

Em pesquisa realizada junto ao site do Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM), da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), na área urbana central de Itabirito estão licenciadas 13 atividades industriais, conforme apresentado no Quadro 6:

Quadro 6 – Atividades industriais licenciadas na sede urbana de Itabirito

Atividade industrial	Quantidade
Siderurgia	5
Têxtil	3
Automotiva	1
Cimenteira	1
Curtume	1
Laticínios	1
Indústria ótica	1

Fonte: SEMAD (2023), adaptado pelo autor.

Esta análise corrobora com informação referente ao saneamento da sede urbana do município de Itabirito, que conta com sistema de interceptação do esgoto sanitário, entretanto, ainda ocorrem perdas no sistema de esgotamento, tendo em vista que 70% do esgoto coletado é encaminhado para ETE Marzagão para tratamento, contudo, 30% ainda continua sendo lançado *in natura* nos tributários e no rio Itabirito (SAAE, 2022).

No tocante à questão da urbanização, Batista *et al.* (2020) especificam em seus estudos que esse processo gera os maiores impactos nas alterações das características físicas, químicas e biológicas da qualidade das águas da bacia do rio Piracicaba, com interferências antrópicas no processo de degradação do corpo hídrico, principalmente em relação ao aumento de nutrientes.

Os autores destacam o município de João Monlevade, que possui maior concentração urbana da bacia, em que diagnosticou-se níveis preocupantes do estado trófico da água, denotando como o crescimento destas áreas influenciam diretamente na qualidade ambiental da bacia, fato similar ao identificado na bacia do rio Itabirito, com alterações significativas a partir do maior adensamento urbano.

Outra importante observação é a relevância da associação das variáveis cálcio total, dureza de cálcio, condutividade elétrica e pH, que se relacionam positivamente com 2 CP's, portanto, bastante representativas. Tanto na ACP (Figura 17) como na Análise de Cluster (Figura 18), elas se agrupam nas estações AV 050 (Montante córrego das Almas/Cinza) e AV 070 (Próximo confluência com o Rib. Sardinha/Marrom). De acordo com os mapas de uso do solo (Figura 16) e geológico (Figura 11), a área de contribuição destes pontos possuem usos agrossilvopastoris, além disso, nota-se algumas feições com rochas dolomíticas em sua composição geológica, neste sentido, podem estar associadas às condições geológicas naturais, bem como o uso excessivo de fertilizantes, aumentando a presença de íons dissolvidos na água.

Nesta linha de raciocínio, Gonçalves *et al.* (2005), estudaram a influência dos fertilizantes provenientes das lavouras e estabelecimentos rurais nas concentrações de poluentes em águas coletadas em uma microbacia no município de Agudo/RS. Constatou-se excesso nos níveis de cálcio e outros minerais em função do manejo inadequado do solo.

A Estação AV 080 (Montante da cidade de Itabirito/Verde) está em uma posição centralizada nos eixos x e y do Figura 17. De acordo com os parâmetros do software utilizado no presente trabalho, as variáveis deste ponto relevam condições médias em relação aos níveis de degradação. Conforme observado na Figura 16 (mapa de uso e ocupação do solo), a referida estação localiza-se a montante da mancha urbana, este destaque é importante para demonstrar as influências da área urbana na qualidade da água apontado na ACP.

No Figura 17 também merece destaque na análise em relação a variável ferro dissolvido, alinhada com as estações BV 035 (Jusante da cidade de Itabirito/Vermelho) com altos índices de turbidez e AV 060 (Montante confluência ribeirão Mata Porcos/Azul), que compreende a bacia do ribeirão Carioca, com contribuição do complexo do Baçõ e de alguns projetos minerários. Sendo assim, pode estar relacionado a fatores naturais como background geoquímico, mas também possui potencial indicativo de interferência antrópica, haja vista que

o carreamento de sedimentos provenientes das voçorocas, estradas vicinais e das estruturas minerárias interferem diretamente na condição desta variável.

Inclusive, este foi o indicativo dos estudos de Silva (2020), afirmando que devido às características geográficas, a presença de minerais de óxido de ferro é abundante nas cabeceiras do rio Itabirito, favorecendo a exploração mineral desde o ciclo do ouro na colonização, fazendo com que as pressões ambientais sejam intensificadas com o avanço tecnológico no setor minerário.

Por fim, cabe enfatizar também que a variável oxigênio dissolvido se relacionou negativamente considerando os 4 CP's no Figura 17, possuindo relação inversa com estes. Esse processo ocorre em decorrência dos altos valores identificados nas variáveis associadas ao lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, conforme identificada no âmbito da ACP.

Resultado similar ao de Barbosa (2015), que aplicou a ACP em sua avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paracatu em função do uso e ocupação do solo. Segundo a autora, a CP com maior percentual de variabilidade representa contaminação por esgotos domésticos, uma vez que apresentou as variáveis cloreto total, total fósforo total, sólidos suspensos totais, sólidos totais, temperatura da água e turbidez positivamente relacionados, enquanto o OD está negativamente relacionado.

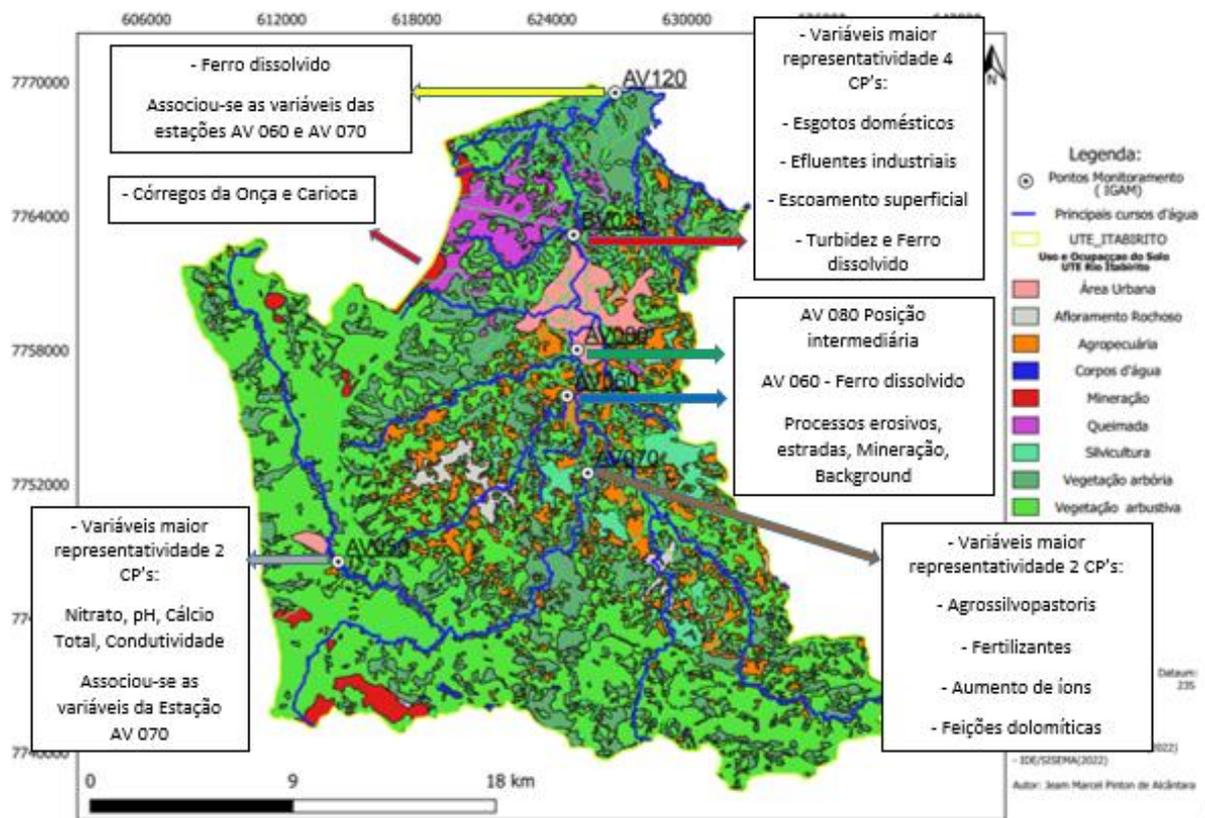
Perante os fatos e dados apresentados na análise integrada, evidenciou-se coerência entre o observado no mapa de uso e ocupação do solo, com os resultados da Análise dos Componentes Principais e Análise de Cluster, apontando para Estação BV 035 em situação de maior criticidade, indicando um alto grau de poluição por esgotos domésticos, efluentes industriais e poluição difusa após o centro urbano de Itabirito. Cabe destacar que as Estações AV 050, AV 060 e AV 070 apresentaram coeficientes representativos que indicam alterações dos corpos d'água causados por fatores naturais, potencializados pelas atividades de mineração e agrossilvipastoris.

A Estação BV 035 recebe a maior parte da contribuição da bacia do rio Itabirito, abrangendo uma ampla área de drenagem, que está diretamente relacionada com os poluentes que são lançados ao longo da bacia, explicando a grande contribuição de variáveis relacionadas a esgotos domésticos e efluentes industriais observada na análise. Em complemento as

fundamentações apresentadas, destaca-se as áreas de contribuições dos tributários córregos da Onça e da Carioca, que percorrem três tipologias diferentes de uso e ocupação do solo, sendo mineração, queimadas e área urbana, nas porções alta, média e baixa respectivamente dessas microbacias.

A Figura 19 sintetiza as informações apresentadas, espacializando-as no mapa de uso e ocupação do solo elaborado, realizando integração das análises geoespaciais e multivariadas.

Figura 19 – Síntese da análise integrada de forma espacializada.



Fonte: Autor

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo trouxe uma abordagem exploratória em relação ao espectro dos pontos de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Itabrito, considerando os aspectos da qualidade da água desta bacia, de suma importância para o rio das Velhas e para o abastecimento da RMBH. Tendo em vista a relevância de entrega em termos de quantidade e qualidade da bacia, foram realizadas análises dos dados do IGAM, estabelecendo um debate sobre os pontos de maior

criticidade e as influências do uso e ocupação do solo, a montante da área de contribuição de cada ponto de amostragem.

As avaliações e caracterizações realizadas demonstraram que a UTE Rio Itabirito possui percentual relevante de vegetação nativa, assim como características geológicas, geomorfológicas e pedológicas que influenciam diretamente nas condições geoquímicas da água, principalmente em relação a turbidez, sólidos dissolvidos totais e ferro dissolvido, potencializados pelas pressões antrópicas no território.

A partir da aplicação da ACP, AC e análise das violações da CONAMA n.º 357/2005, o ponto diagnosticado com maior criticidade foi a estação BV 035, a jusante do centro urbano de Itabirito, em que foram detectadas maior variabilidade dos coeficientes das variáveis DBO, Fósforo total, Nitrogênio amoniacal, Cloreto total, Sólidos dissolvidos totais e Nitrito, influenciados diretamente pelo lançamento inadequado de esgotos domésticos e industriais, devido as falhas que ainda existem do sistema de esgotamento sanitário.

A vista disso, o SAAE de Itabirito possui em funcionamento a ETE Marzagão, próximo a confluência com o rio das Velhas, que ameniza a condição de entrega do rio Itabirito, no entanto, recomenda-se estudos complementares para avaliação dos impactos socioambientais sobre os usos, bem como nos ecossistemas aquáticos no trecho entre a estação BV 035 e a referida ETE. Sugere-se também avaliar a eficiência do sistema de tratamento, considerando que se trata do tradicional sistema secundário. Estudos acadêmicos e técnicos demonstram que devido ao crescimento, tanto das cargas, como da complexidade dos poluentes, suas remoções necessitam de intervenções mais avançadas para redução efetiva da degradação dos corpos hídricos, como por exemplo, o tratamento terciário.

O Produto proposto é o Plano de Ações Estruturais e Estruturantes (Anexo I), visando contribuir com o gerenciamento integrado da bacia do rio Itabirito, perfazendo-se em um instrumento factível e exequível de execução. Esta ferramenta poderá subsidiar a tomada de decisões para ações concretas de minimização dos impactos identificados, no entanto, será necessário um acompanhamento e monitoramento da execução das ações propostas, abrindo a possibilidade de novos estudos.

Desse modo, enfatiza-se que os objetivos do trabalho foram cumpridos, trazendo à luz as áreas da bacia que necessitam de maior atenção nos programas, planos e projetos para melhoria das condições ecológicas, em consonância com o crescimento sustentável e racional das atividades antrópicas. Todo planejamento deve ser realizado de forma conjunta entre poder público, empresas e sociedade civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB’SÁBER, Aziz Nacib. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas** Edição 2012.

ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. Principal component analysis. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics**, v. 2, n. 4, p. 433–459, 2010.

ALLAN, I. J.; VRANA, B. G.; GREENWOOD, R.; MILLS, G. A; ROING, B.; GONZALEZ, C.. A “toolbox” for biological and chemical monitoring requirements for the European Union’s Water Framework Directive. *Talanta*, v.69, n.2, p.302-322, 2006.

ALMEIDA, Katiane Cristina Brito. **Avaliação da rede de monitoramento de qualidade das superficiais da Bacia do Rio das Velhas utilizando o método da entropia [manuscrito]**. 98 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2013.

AMARO, Cristiane Araújo. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. 2009. 224 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2009.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Indicadores de qualidade**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF. 2012.

BARBOSA. Thaís Baêta Costa. **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais da Sub-bacia do rio Paracatu em função do Uso e Ocupação do Solo [manuscrito]**. 156 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2015.

BATISTA, A. M. M.; FIGUEIREDO, T. A.; BARROS, A. J.; SILVA, T. A. A.; PEREIRA, V. H.B.; NASCIMENTO, A. T. A.; ARAÚJO, G. R.; SINISCALCHI, L. A. B. Diagnóstico da qualidade da água do Rio Piracicaba e sua correlação com a urbanização. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.7, p.305-320. 2020. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0026>. Acesso em: 10 dez. 2022.

BOAS, Mariana Dias Villas. **Ferramentas para avaliação da rede de monitoramento de qualidade de água da bacia do rio Piabanha – RJ com base em redes neurais e modelagem hidrológica.** 170 p. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2021.** Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

BRASIL. 1997. Lei Federal n.º 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.** Versão publicada pela ABRH - Comissão de Gestão. São Paulo, 31 de janeiro de 1997.

BRASIL. Lei 6938, 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: Congresso Nacional, 1981.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005.** Diário Oficial da União, Brasília, n 053, 18 mar. 2005. p. 58-63.

BRASIL. Lei 9984, de 17 de julho de 2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA,** entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências Brasília, 2000.

BREDA, Luís de Souza. **Avaliação espaço – temporal da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Funil – Região Sul de Minas Gerais [manuscrito]**. 294 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2011.

BROWNE, F.X. Stormwater management. In: CORBITT, R.A. (ed) **Standard Handbook of Environmental Engineering**. Second Edition. McGraw-Hill. New York, USA, 7.1-7.131. 1999.

CALAZANS, Giovanna Moura. **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 [manuscrito]**. 196 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2015.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=313070>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Apêndice C - **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2020. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-C-Significado-ambiental-e-sanitario-das-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos-metodologias-analiticas-e-de-amostragem.pdf>>; Acesso em: 22 mar. 2022.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Apêndice E – **Índices de Qualidade das Águas 2020**. Disponível em: Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-E-Indice-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>>; Acesso em: 22 mar. 2022.

CHAPMAN, D. **Water quality assessments: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring – Second Edition**. UNESCO, WHO, UNEP, 1996.

CHICO, A. S. M., DZIEDZIC, M. Princípios e Critérios de Concepção de Rede Integrada de Monitoramento de Recursos Hídricos: Caso da República de Angola. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p.615-628, 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. **Sobre o comitê**. Disponível em <http://cbhvelhas.org.br/apresentacao>. Acesso em 05 de fev.2022.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, n 053, 18 mar. 2005. p. 58-63.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Minas Gerais). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Minas Gerais, Belo Horizonte, 20 set. 2017.

COURA. Matheus Ribeiro. **Análise da alteração da qualidade das águas superficiais impactadas por usinas hidrelétricas recém implantadas na Amazônia [recurso eletrônico]**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2020.

Costa, F. M.; Sobreira, F. G. (2001) **Estudo Preliminar das voçorocas da bacia do Rio Carioca**, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia-GO, ABGE, CD Anais.

DUNTEMAN, G. H., 1989. **Principal Components Analysis**, second edition, SAGE.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Taiga: Guide to GIS and Image Processing**. Worcester, MA: Clark University, 2009. 325 p.

ENOKIDA, C. H.; MAGALHÃES, V. L. **O monitoramento e o gerenciamento de bacias hidrográficas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., [2009], Viçosa. **Anais...** Viçosa: [s.n.], 2009. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/021.pdf. Acesso em: 05 abr. 2022.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=SmlaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=info:QuJBd44wtOoJ:scholar.google.com&ots=6LIKmqOXRJ&sig=XjgPsbrVHOwAcXg9IOvbeT1EnE4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 20 out. 2022.

FREITAS. Mariana d'Ávila Fonseca Paiva de Paula. **Avaliação de variáveis físicas e de qualidade das águas em reservatórios de usinas hidrelétricas de Minas Gerais para gestão das águas no Estado**. 74 P. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, PB, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/ngsouza/livro-analise-multivariada-de-dados-hair-et-al>. Acesso em: 15 abr. 2022.

HAIR, J. F., et al. *Análise multivariada de dados*. Trad. Adonai S. Sant'Anna e Anselmo C. Neto. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Portal dos comitês**. Belo Horizonte: IGAM, 2022. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg>>. Acesso em: 14 fev. 2022.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Portal InfoHidro**. Belo Horizonte: IGAM, 2022. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/monitoramento-de-qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens**. Satélite CBERS 2 e 4A. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>> Acesso em: 18 fev. 2022.

JORDAN, P.; CASSIDY, R. Technical Note: **Assessing a 24/7 solution for monitoring water quality loads in small river catchments**. Hydrol. Earth Syst. Sci. v. 15. p. 3093-3100. 2011.

LEMOS, Rodrigo Silva. **A integração da Gestão Territorial a partir da política das águas**. 2018. 259p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

LIMA, Janaína Bezerra Mesquita. **Estudo de Redes de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais – o Caso da Bacia do Rio Descoberto**. 111 p. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2004.

LILLESAND, TM. ; KIEFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. 3. ed. Crawfordsville: J. Wiley and Sons, 1994. 708 p.

MACIEL JR, P. **Legislação – principais conceitos, Zoneamento das Águas**, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2000, 112 p.

MELO, Marília Carvalho de. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de um modelo analítico e aplicação na bacia do**

rio das Velhas, Minas Gerais. 2016. 495p. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2016.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (Política Estadual de Recursos Hídricos). Belo Horizonte, 1999.

MINAS GERAIS. Lei nº 12.584, de 17 de julho de 1997 (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Belo Horizonte, 1997.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados por meio de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MOTA, S. Gestão ambiental de recursos hídricos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MYR Projetos Sustentáveis. **Diagnóstico das Pressões Ambientais na Bacia do Rio Itabirito** – Belo. Horizonte, 2013. Nº de páginas: 107.

NOGUEIRA, Fábio Ferreira. **Métodos para monitoramento e estimativa de cargas poluidoras em bacias hidrográficas**. 133 p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2020.

NONATO, E. A.; VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; SCHOR, H. H. R. **Tratamento Estatístico dos Parâmetros da Qualidade das Águas da Bacia do Alto Curso do rio das Velhas**. *Quim. Nova*. Vol. 30, Nº4, 797-804, 2007.

PINTO, Carolina Cristiane. **Monitoramento de qualidade de água baseado em análise por componentes principais [recurso eletrônico]: uma abordagem local**. 151 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2021.

PINTO, C.C., CALAZANS, G.M.; OLIVEIRA, S.C. Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis

and nonparametric statistics. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191 (164). 2019. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7281-y>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PLANO DIRETOR DE RECURSO HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS 2015: **Plano Consolidado** - Volume I. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte, 2015. 316 p.; il. Color.

PMSB ITABIRITO, Plano Municipal de Saneamento Básico de Itabirito. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITABIRITO - PMI. **Plano Diretor de Itabirito. PRÓ-CITTÀ**. Itabirito, 2019. Disponível em: <<https://www.itabirito.mg.leg.br/legislacao/plano-diretor>> acesso em: 15 mai. 2022.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada, notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito - SAAE. Disponível em: <https://www.saaeita.mg.gov.br/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

SANDERS, T.G.; WARD, R.C.; LOFTIS, J.C.; STEELE, T.D., ADRIAN, D.D.; YEVJEVICH, V. **Design of Networks for Monitoring Water Quality. Water Resources Publications**. 328 pag. 5 ed. 2003.

SANDERS, T.G.; WARD, R.C.; LOFTIS, J.C.; STEELE, T.D., ADRIAN, D.D.; YEVJEVICH, V. **Design of Networks for Monitoring Water Quality. Water Resources Publications**. LLC, Highlands Ranch, CO. 1983.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; BARBOSA, G. C.; LIMA, R. C. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade de água para fins de irrigação no córrego do Ipê, noroeste do Estado de São Paulo**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: SBSR, 2011. p.1263-1270.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. **Avaliação de poluição proveniente de fontes difusas na área de influência do sistema produtor alto tietê – SPAT – reservatórios Taiacupeba, Judiaí, Biritiba, Ponte Nova e Paraitinga.** Consórcio PRIME/FCTH. Relatório Final. 2016.

SILVA, Raphael Ricardo da. **Estudos para simulação da qualidade da água no Alto Curso Rio das Velhas [manuscrito]: Rio Itabirito - MG.** Dissertação (mestrado Profissional) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental. Ouro Preto, 2021.

SOARES, P.F. **Projeto e avaliação de desempenho das redes de monitoramento de qualidade de água, utilizando o conceito da entropia.** 211 f. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de doutor em Engenharia. São Paulo, 2001.

SOUZA. Simone Nascimento de. **Aplicação de técnica de análise multivariada para avaliação de redes de monitoramento de qualidade da água.** 140 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife, 2009.

SPERLING, M. V. **Introdução a Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos.** 3ªed. UFMG,2005.

SPERLING, M. V. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG. 2007.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** 2ª. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, vol. 7, 2014. 592 p.

STROBL, R. O.; ROBILLARD, P. D. **Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review.** *Journal of environmental management*, v. 87, n. 4, p. 639-648, 2008.

TEIXEIRA, A. J. A.; CRUZ, C. B. M. **Classificação de bacias de drenagem com o suporte do sensoriamento remoto e geoprocessamento - o caso da Baía de Guanabara-**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, 2005. p. 2779-86.

TU, J. **Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression**. *Applied Geography*, 31, 376-392, 2011.

USDA. **National Water Quality Handbook**. Washington: Department of Agriculture, 2003.

VANZELA, Luiz Sergio. **Planejamento integrado dos recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras no município de Marionópolis – SP**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção. Ilha Solteira, 2008.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. 2005. 215 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VIEIRA, Beatriz Moyses. **Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo**. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória, 2015.

VON SPERLING, E. **Monitoramento Simplificado de Mananciais Superficiais**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4, 2001, João Pessoa: ABES, 2001. p.1-3.

WANG, Y.; WANG, P.; BAI, Y.; TIAN, Z.; LI, J.; SHAO, X.; MUSTAVICH, L. F.; LI, B. L. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: a case study of the Songhua River Harbin region, China. **Journal of Hydro-environment Research**, v. 7, n. 1, p. 30-40, 2013.

ZHAO, J.; FU, G.; LEI, K.; LI, Y. Multivariate analysis of surface water quality in the Three Gorges area of China and implications for water management. *Journal of Environmental Sciences*, v. 23, p. 1460-1471. 2011. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60599-2](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60599-2). Acesso em: 03 nov. 2022.



Anexo I - Plano de Ações Estruturais e Estruturantes para Aprimoramento do Gerenciamento Qualitativo dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itabirito

(Continua)

Eixos	Ação	Responsável	Forma de execução	Indicador
Ações estruturantes	Coordenar, articular e acompanhar a execução das ações estruturantes previstas neste plano de ações, realizando a interlocução entre as entidades no desenvolvimento das atividades;	CBH Rio das Velhas	Agendamento de reuniões para monitoramento da execução dos partícipes	Nº Reuniões Realizadas
	Adotar as áreas identificadas com maior criticidade, apontadas pelo presente estudo, bem como dos estudos do Plano Diretor de Recursos Hídricos e Diagnóstico das Pressões Ambientais na Bacia do Rio Itabirito, como prioritárias para investimentos do recurso da cobrança pelo uso da água		Acompanhar junto ao IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito	Nº de áreas atendidas em relação às indicadas
	Criar, estruturar e gerenciar fundo para execução das ações estruturais previstas no presente Plano de Ações, nas áreas prioritárias de maior criticidade, como complemento ao recurso da cobrança pelo uso da água, em articulação com os diversos atores da bacia do rio Itabirito;		Abertura de conta bancária específica e estruturação de documentação e registro cartorial	Fundo criado e documentado



Plano de Ações Estruturais e Estruturantes para Aprimoramento do Gerenciamento Qualitativo dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itabirito

ProfÁgua

(Continua)

Ações estruturantes	Ação	Responsável	Forma de execução	Indicador
	Contratar empresa especializada para realização de levantamento aerofotográfico para identificação de usos inexistentes no cadastro de usuários de recursos hídricos (a ser fornecido pelo IGAM), como instrumento de apoio aos órgãos de fiscalização, caso tenha disponibilidade financeira e previsão no Plano Plurianual de Aplicação;	CBH Rio das Velhas	Acompanhar junto ao IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito	01 relatório técnico + levantamento cadastral
	Realizar estudo para aprimoramento da rede de monitoramento da bacia do rio Itabirito, visando ampliar a malha de amostragem das contribuições da bacia e, conseqüentemente, identificação das fontes poluidoras	IGAM	Relatório	Situação do estudo
	Intensificar o processo de fiscalização de usos de recursos hídricos não regularizados na região, inclusive na ampliação e/ou criação de parcerias com a Polícia Ambiental e Secretarias Municipais de Meio Ambiente, etc; Criar e gerenciar um banco de dados unificando os monitoramentos realizados na bacia do rio Itabirito, principalmente das empresas mineradoras no âmbito de suas condicionantes no licenciamento ambiental, objetivando estabelecer uma robusta rede de informações para tomada de decisão em conjunto com o CBH Rio das Velhas e Prefeitura de Itabirito		Acompanhar junto ao IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito	Situação do estudo
		Relatório	Relatórios técnico + banco de dados	



**Plano de Ações Estruturais e Estruturantes para Aprimoramento do Gerenciamento
Qualitativo dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itabirito**

ProfÁgua

(Continua)

Ação	Responsável	Forma de execução	Indicador
Trabalhar de forma conjunta no processo de fiscalização de usos de recursos hídricos não regularizados na região, inclusive na ampliação e/ou criação de parcerias com a Polícia Ambiental e IGAM;	Prefeitura Municipal de Itabirito	Acompanhar junto ao IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito	Relatórios de fiscalização e N° de reuniões
Implementar no âmbito do licenciamento ambiental municipal condicionantes de monitoramento qualitativo, quando identificado impacto nos recursos hídricos, disponibilizando os dados para o banco de dados proposto ao IGAM		Elaboração de documento com as diretrizes	Documento elaborado
Analisar, no licenciamento urbanístico, as normas que regem o uso e ocupação do solo no território, em especial nas áreas de prioritárias para conservação		Observância nos pedidos de anuência prévia de empreendimentos com critérios que busquem maior controle ambiental.	Percentual de processos analisados com foco nos critérios definidos.
Integrar as diretrizes do Plano Diretor Municipal com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Velhas, e outros instrumentos de gestão territorial		Complementações na legislação municipal	N° Alterações realizadas
Orientar políticas públicas e as diretrizes de ordenamento territorial, de uso e ocupação do solo no Plano Diretor do Município e legislação ambiental, nas áreas de maior criticidade identificadas no presente estudo		Promoção de capacitações para os grupos de acompanhamento / equipes técnicas do município em processo de revisão dos planos diretores	N° Capacitações realizadas



**Plano de Ações Estruturais e Estruturantes para Aprimoramento do Gerenciamento
Qualitativo dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itabirito**

ProfÁgua

(Conclusão)

	Ação	Responsável	Forma de execução	Indicador
Ações estruturantes	Desenvolver um planejamento estratégico para atingir a meta de 100% de interceptação da rede de esgoto no centro urbano de Itabirito, área identificada com maior criticidade no presente estudo	SAAE Itabirito	Acompanhar junto ao IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito	Situação do estudo
	Ampliar o Programa de Caça Esgoto na sede urbana de Itabirito		Acompanhar junto ao IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito	Relatórios técnicos e Nº de reuniões
	Apresentar proposta de aprimoramento no controle de perdas no sistema de esgotamento sanitário		Ações de manutenção, monitoramento e controle no Sistema	Índice de perdas
Ações Estruturais	Construção de bacias de captação ao longo das estradas rurais	CBH Rio das Velhas, IGAM, Prefeitura de Itabirito, SAAE de Itabirito, empresas e demais entidades atuantes na bacia do rio Itabirito	Execução nas áreas prioritárias	Nº de dispositivos construídos
	Ações de manejo e conservação do solo como o terraceamento, barraginhas entre outros		Execução nas áreas prioritárias	Nº de ações realizadas
	Recuperação de áreas degradadas		Execução nas áreas prioritárias	Hectares recuperados/restaurados
	Recuperação de voçorocas prioritárias na Sub-bacia do ribeirão Carioca		Execução nas áreas prioritárias	Hectares recuperados/restaurados
	Revitalização e/ou proteção de nascentes e matas ciliares e áreas de recarga hídrica		Execução nas áreas prioritárias	Hectares recuperados/restaurados

ANEXO II - VERIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS REPRESENTATIVAS NA ACP QUE ULTRAPASSARAM A RESOLUÇÃO CONAMA n.º 357/2005 ENTRE 2005 A 2021

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT		
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
	AV050	15/01/2005	0,41	2,00	0,13	0,00	0,10	6,1	0,0	21,00	315,00
	AV050	08/04/2005	0,32	2,00	0,04	0,00	0,10	7,3	0,0	38,00	64,80
	AV050	02/07/2005	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7,2	0,1	59,00	2,74
	AV050	06/10/2005	0,35	2,00	0,03	0,00	0,60	7,1	0,0	71,00	4,02
	AV050	15/01/2005	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7,4	0,0	67,00	1,90
	AV050	06/04/2005	0,30	2,00	0,03	0,00	0,10	7,5	0,0	58,00	38,50
	AV050	06/07/2005	0,30	2,00	0,01	0,00	0,20	7,4	0,0	69,00	5,76
	AV050	01/10/2005	0,30	2,00	0,05	0,00	0,10	7,9	0,0	50,00	17,80
	AV050	04/10/2006	0,30	2,00	0,03	0,00	0,10	7,7	0,0	73,00	73,00
	AV050	10/04/2007	0,30	2,00	0,13	0,00	0,10	7,4	0,0	30,00	413,00
	AV050	02/10/2007	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7	0,1	54,00	20,10
	AV050	01/04/2008	0,30	2,00	0,01	0,00	0,12	6,6	0,0	51,00	30,80
	AV050	01/10/2008	0,35	2,00	0,02	0,00	0,16	7,3	0,0	74,00	183,00
	AV050	07/04/2009	0,65	2,00	0,29	0,00	0,10	6,4	0,0	57,00	968,00
	AV050	01/10/2009	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	6,9	0,0	60,00	4,17
	AV050	06/04/2010	0,50	2,00	0,08	0,01	0,10	6,8	0,0	30,00	168,00
	AV050	05/10/2010	0,50	2,00	0,02	0,01	0,11	6,7	0,0	53,00	6,93
	AV050	05/04/2011	1,64	2,00	0,10	0,01	0,10	6,8	0,0	30,00	282,00
	AV050	05/10/2011	0,50	2,00	0,02	0,00	0,24	6,6	0,0	44,00	60,10
	AV050	10/04/2012	0,50	2,00	0,03	0,00	0,15	7,5	0,0	53,00	25,70
	AV050	05/10/2012	1,82	2,00	0,02	0,00	0,10	7,8	0,0	61,00	35,10
	AV050	18/01/2013	0,50	2,00	0,03	0,00	0,72	7,5	0,0	63,00	49,30
	AV050	02/04/2013	0,50	2,00	0,07	0,00	0,10	7,6	0,0	57,00	40,30

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:		250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV050	02/07/2013	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	7,5	0,0	65,00	6,28
AV050	01/10/2013	3,69	3,00	0,05		0,10	7,4	0,0	62,00	5,69
AV050	15/01/2014	0,59	2,00	0,06	0,00	0,10	7,9	0,0	69,00	42,10
AV050	02/04/2014	0,50	2,00	0,11	0,00	0,10	7,8	0,0	60,00	36,40
AV050	07/07/2014	1,23	2,00	0,02	0,01	0,10	7,4	0,0	64,00	4,85
AV050	01/10/2014	0,93	2,00	0,02	0,01	0,10	6,6	0,0	78,00	5,20
AV050	12/01/2015	2,90	2,00	0,05	0,01	0,10	7,7	0,0	78,00	16,10
AV050	07/04/2015	1,29	2,00	0,02	0,02	0,10	7,8	0,0	58,00	29,00
AV050	10/07/2015	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	7,9	0,0	68,00	5,16
AV050	06/10/2015	5,67	2,00	0,08	0,00	0,11	8	0,0	64,00	7,63
AV050	11/01/2016	4,73	2,00	0,05	0,00	0,10	7,5	0,0	92,00	36,80
AV050	05/04/2016	1,69	2,00	0,02	0,00	0,10	7,6	0,0	73,00	3,53
AV050	04/07/2016	4,31	2,00	0,03	0,01	0,14	6,9	0,1	100,00	182,00
AV050	20/10/2016	8,85	2,00	0,04	0,00	0,10	7,8	0,0	58,00	25,30
AV050	09/01/2017	3,42	2,00	0,03	0,00	0,10	7,9	0,0	73,00	6,91
AV050	11/07/2017	2,66	2,00	0,02	0,00	0,10	8,2	0,0	93,00	5,34
AV050	03/10/2017	3,07	2,00	0,02	0,00	0,10	7,9	0,1	89,00	5,87
AV050	09/01/2018				0,00		7,7	0,1		
AV050	10/04/2018	7,49					7,7	0,0		
AV050	24/07/2018	5,30	2,00	0,02	0,00	0,10	7,6	0,0	72,00	12,30
AV050	09/10/2018	2,16	2,00	0,02	0,00	0,10	7,9	0,0	69,00	5,37
AV050	13/11/2018	9,46	2,00	0,02	0,00	0,10			94,00	6,27
AV050	03/12/2018	7,00	2,00	0,02	0,00	0,10			83,00	2,74

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:		250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV050	15/01/2019	2,04	2,00	0,08	0,01	0,10	7,3	0,0	67,00	194,00
AV050	02/04/2019	1,98	2,00	0,06	0,02	0,10	7,7	0,0	57,00	58,00
AV050	09/07/2019	3,43	3,50	0,03	0,00	0,10	7	0,0	102,00	4,10
AV050	08/10/2019	4,34	2,00	0,04	0,00	0,18	7,7	0,0	68,00	2,09
AV050	14/01/2020	3,31	2,00	0,07	0,00	0,10	6,1	0,0	65,00	125,00
AV050	16/04/2020	4,94	2,00	0,02	0,00	0,10	6,8	0,1	67,00	9,91
AV050	07/07/2020	4,71	2,00	0,03	0,01	0,10	7,8	0,0	64,00	2,82
AV050	06/10/2020	6,26	2,00	0,18	0,01	0,32	7,7	0,0	88,00	12,30
AV060	11/01/2021	0,56	2,00	0,05	0,01	0,10	6,6	0,0	39,00	133,00
AV060	06/04/2021	0,32	2,00	0,21	0,01	0,10	7,6	0,0	25,00	11,10
AV060	13/07/2021	0,51	2,00	0,01	0,00	0,10	6,2	0,0	21,00	1,61
AV060	05/10/2021	0,60	3,00	0,02	0,01	0,10	7,5	0,0	29,00	3,79
AV060	14/01/2005	1,02	2,00	0,10	0,01	0,10	5,3	0,5	26,00	380,00
AV060	02/04/2005	0,60	2,00	0,02	0,01	0,10	6,3	0,3	15,00	7,51
AV060	01/07/2005	0,41	2,00	0,01	0,00	0,10	6,3	0,3	26,00	5,50
AV060	03/10/2005	0,69	2,00	0,05	0,00	0,10	6	0,3	32,00	5,50
AV060	13/01/2005	0,51	2,00	0,01	0,00	0,30	6,7	0,2	26,00	4,42
AV060	02/04/2005	0,39	2,00	0,08	0,00		6,6	0,5	31,00	14,10
AV060	07/07/2005	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7,1	0,4	27,00	8,77
AV060	01/10/2005	0,30	2,00	0,02	0,00		6,6	0,3	31,00	6,25
AV060	03/10/2006	3,33	2,00	0,01	0,00	0,10	6,9	0,3	34,00	16,40
AV060	23/01/2007	0,30	2,00	0,13	0,00		7	0,8	74,00	173,00
AV060	11/04/2007	0,44	2,00	0,01	0,00	0,10	6,7	0,4	32,00	9,59

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT		
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV060	11/07/2007	0,40	2,00	0,01	0,00			6,6	0,3	27,00	4,24
AV060	03/10/2007	0,67	2,00	0,01	0,00	0,10		6,4	0,3	25,00	6,50
AV060	16/01/2008	0,37	2,00	0,02	0,00			6	0,1	31,00	18,70
AV060	02/04/2008	0,51	2,00	0,02	0,00	0,10		6,9	0,3	30,00	112,00
AV060	02/07/2008	0,69	2,00	0,01	0,00			5,8	0,2	21,00	7,34
AV060	01/10/2008	0,42	2,00	0,01	0,00	0,10		5,9	0,2	30,00	12,60
AV060	14/01/2009	0,30	2,00	0,01	0,00			6,6	0,4	27,00	14,50
AV060	08/04/2009	0,40	2,00	0,02	0,00	0,17		6,1	0,1	26,00	174,00
AV060	07/07/2009	0,36	2,00	0,01	0,00			6,5	0,2	27,00	4,61
AV060	01/10/2009	0,89	2,00	0,01	0,00	0,10		6,1	0,2	33,00	9,22
AV060	12/01/2010	0,71	2,00	0,14	0,01			6,9	0,2	53,00	31,50
AV060	07/04/2010	0,50	2,00	0,11	0,00	0,10		6	0,1	25,00	46,80
AV060	06/07/2010	0,50	2,00	0,03	0,00			5,9	0,3	28,00	5,82
AV060	06/10/2010	1,27	2,00	0,02	0,00	0,10		6,1	0,3	27,00	7,26
AV060	18/01/2011	0,66	2,00	0,02	0,01			6,7	0,4	37,00	12,40
AV060	06/04/2011	0,72	2,00	0,04	0,01	0,10		6,5	0,3	25,00	8,99
AV060	06/07/2011	0,50	2,00	0,02	0,01			6,3	0,3	25,00	5,71
AV060	04/10/2011	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10		5,9	0,2	50,00	16,10
AV060	17/01/2012	0,50	2,00	0,02	0,01	0,12		6,7	0,5	31,00	15,80
AV060	11/04/2012	0,83	2,00	0,03	0,00	0,22		6,8	0,3	29,00	192,00
AV060	10/07/2012	0,50	2,00	0,02		0,10		7	0,2	26,00	8,59
AV060	01/10/2012	1,26	2,00	0,05	0,01	0,10		7,5	0,0	30,00	87,00
AV060	15/01/2013	0,50	2,00	0,02	0,00	0,26		7	0,3	21,00	6,34

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT		
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV060	03/04/2013	0,50	2,00	0,02			0,10	7	0,1	27,00	7,46
AV060	02/07/2013	0,52	2,00	0,02	0,00		0,10	7	0,3	55,00	5,65
AV060	02/10/2013	1,11	2,00	0,02			0,35	6,3	0,3	32,00	6,11
AV060	14/01/2014	0,52	2,00	0,02	0,00		0,10	6,7	0,2	33,00	12,30
AV060	03/04/2014	0,50	2,00	0,02			0,10	6,8	0,2	38,00	9,37
AV060	08/07/2014	0,50	2,00	0,02	0,00		0,10	6,5	0,2	41,00	4,16
AV060	01/10/2014	0,50	2,00	0,02			0,13	6,6	0,3	35,00	8,13
AV060	13/01/2015	0,55	2,00	0,02	0,01		0,10	7,2	0,4	26,00	7,98
AV060	06/04/2015	0,50	2,00	0,02			0,10	7,4	0,8	29,00	7,09
AV060	07/07/2015	0,50	2,00	0,02	0,00		0,10	7,4	0,4	42,00	6,10
AV060	06/10/2015	0,50	2,00	0,02			0,10	7,3	0,3	33,00	7,70
AV060	12/01/2016	0,72	2,00	0,02	0,00		0,10	6,6	0,5	34,00	8,54
AV060	05/04/2016	0,50	2,00	0,02	0,00		0,10	6,9	0,5	26,00	3,76
AV060	05/07/2016	2,38	4,10	0,02			0,18	6,7	0,3	116,00	870,00
AV060	17/10/2016	4,22	2,00	0,02	0,00		0,10	6,6	0,4	39,00	16,00
AV060	10/01/2017	0,50	2,00	0,02			0,10	6,3	0,6	41,00	64,60
AV060	11/07/2017	0,50	2,00	0,02	0,00		0,12	7,5	0,2	35,00	5,47
AV060	03/10/2017	0,50	2,00	0,02			0,11	7,5	0,2	34,00	4,70
AV060	09/01/2018				0,01			7	0,6		
AV060	10/04/2018							6,5	0,3		
AV060	24/07/2018	0,55	2,00	0,02	0,00		0,10	6,4	0,3	30,00	13,70
AV060	09/10/2018	0,79	2,00	0,02			0,10	6,5	0,5	32,00	12,40
AV060	15/11/2018	0,50	2,00	0,02	0,00		0,10			30,00	4,40

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
AV060	03/12/2018	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10			24,00	4,99
AV060	15/01/2019	1,04	2,00	0,03	0,01	0,16	6,1	0,6	43,00	107,00
AV060	02/04/2019	0,58	2,00	0,02	0,02	0,10	7,1	0,9	34,00	32,90
AV060	09/07/2019	0,91	2,00	0,02	0,00	0,10	5,5	0,4	40,00	4,76
AV060	08/10/2019	0,50	2,00	0,07	0,00	0,12	6,9	0,3	28,00	4,80
AV060	14/01/2020	0,50	2,00	0,07	0,00	0,23	6,3	0,9	27,00	56,40
AV060	16/04/2020	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	5,7	0,6	30,00	6,80
AV060	07/07/2020	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	6,7	0,4	19,00	5,89
AV060	06/10/2020	0,98	2,00	0,03	0,00	0,13	6,8	0,4	24,00	12,50
AV070	11/01/2021	0,40	2,00	0,40	0,01	0,10	6	0,2	26,00	734,00
AV070	06/04/2021	0,30	2,00	0,03	0,01	0,10	6,7	0,4	48,00	37,30
AV070	13/07/2021	0,34	2,00	0,02	0,00	0,10	5,46	0,3	49,00	2,23
AV070	05/10/2021	0,64	3,00	0,03	0,00	0,10	7	0,4	64,00	6,22
AV070	14/01/2005	0,47	2,00	0,06	0,00	0,10	6,1	0,1	20,00	2.256,00
AV070	02/04/2005	0,40	2,00	0,03	0,00	0,10	7,2	0,1	41,00	41,20
AV070	01/07/2005	0,30	2,00	0,02	0,00	0,10	6,6	0,1	51,00	12,70
AV070	03/10/2005	0,33	2,00	0,05	0,00	0,20	7,2	0,0	54,00	7,58
AV070	13/01/2005	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7	0,0	52,00	4,55
AV070	02/04/2005	0,30	2,00	0,11	0,00		7,4	0,1	42,00	50,70
AV070	07/07/2005	0,30	2,00	0,03	0,00	0,10	7,8	0,1	53,00	26,90
AV070	01/10/2005	0,30	2,00	0,04	0,00		7,6	0,0	56,00	10,20
AV070	03/10/2006	0,30	2,00	0,01	0,00	0,20	7,7	0,0	63,00	5,43
AV070	23/01/2007	0,30	2,00	0,04	0,00		7,5	0,1	45,00	31,50

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
AV070	11/04/2007	0,35	2,00	0,09	0,00	0,10	7,5	0,1	36,00	59,30
AV070	11/07/2007	0,57	2,00	0,01	0,01		7,3	0,0	48,00	9,27
AV070	03/10/2007	0,34	2,00	0,02	0,00	0,10	7,1	0,1	61,00	32,20
AV070	16/01/2008	0,30	2,00	0,12	0,00		6,9	0,1	44,00	222,00
AV070	02/04/2008	0,30	2,00	0,17	0,00	0,10	7,1	0,1	38,00	1.364,00
AV070	02/07/2008	0,38	2,00	0,01	0,00		6,8	0,0	51,00	15,60
AV070	01/10/2008	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7	0,0	45,00	37,80
AV070	14/01/2009	0,30	2,00	0,02	0,00		7,3	0,0	36,00	97,20
AV070	08/04/2009	0,30	2,00	0,04	0,01	0,16	6,6	0,1	45,00	60,20
AV070	07/07/2009	0,30	2,00	0,01	0,00		7,1	0,1	55,00	6,42
AV070	01/10/2009	0,50	2,00	0,01	0,00	0,10	6,9	0,1	60,00	22,50
AV070	12/01/2010	0,50	2,00	0,08	0,00		7,4	0,0	36,00	169,00
AV070	07/04/2010	0,50	2,00	0,16	0,00	0,10	6,7	0,0	46,00	226,00
AV070	06/07/2010	0,50	2,00	0,02	0,00		6,6	0,1	57,00	7,51
AV070	06/10/2010	0,70	2,00	0,02	0,00	0,10	6,7	0,0	60,00	18,90
AV070	18/01/2011	0,50	2,00	0,11	0,00		7	0,1	36,00	150,00
AV070	06/04/2011	5,54	2,00	0,08	0,01	0,10	7,1	0,1	44,00	93,30
AV070	06/07/2011	0,50	2,00	0,12	0,00		6,4	0,0	52,00	17,50
AV070	04/10/2011	2,13	2,00	0,07	0,03	0,46	6,4	0,1	41,00	18,40
AV070	17/01/2012	0,50	2,00	0,06	0,01	0,10	7,2	0,1	54,00	156,00
AV070	11/04/2012	0,50	2,00	0,04	0,00	0,21	7,4	0,0	52,00	1.220,00
AV070	10/07/2012	0,50	2,00	0,02		0,10	7,7	0,1	60,00	30,20
AV070	01/10/2012	1,07	2,00	0,03	0,00	0,10	6,9	0,1	57,00	91,00

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
AV070	15/01/2013	0,50	2,00	0,07	0,00	0,20	7,6	0,1	63,00	130,00
AV070	03/04/2013	0,50	2,00	0,09		0,10	7,3	0,1	62,00	161,00
AV070	02/07/2013	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	7,7	0,1	59,00	9,26
AV070	02/10/2013	1,58	2,30	0,21		0,10	7,4	0,1	66,00	1.993,00
AV070	14/01/2014	0,50	2,00	0,05	0,00	0,10	8,2	0,0	70,00	73,00
AV070	03/04/2014	0,50	2,00	0,06		0,10	7,8	0,2	54,00	35,10
AV070	08/07/2014	0,50	2,00	0,05	0,00	0,10	7,4	0,0	70,00	15,40
AV070	01/10/2014	0,64	2,00	0,02		0,10	7	0,0	71,00	12,10
AV070	13/01/2015	1,32	2,00	0,04	0,01	0,10	7,9	0,1	44,00	47,10
AV070	06/04/2015	0,50	2,00	0,03		0,10	7,8	0,1	48,00	57,80
AV070	07/07/2015	1,25	2,00	0,04	0,00	0,10	7,8	0,0	68,00	9,53
AV070	06/10/2015	2,63	2,00	0,02		0,10	7,9	0,1	76,00	22,70
AV070	12/01/2016	3,93	2,00	0,04	0,00	0,10	7,4	0,1	76,00	25,50
AV070	05/04/2016	1,13	2,00	0,03	0,01	0,10	7,6	0,1	55,00	4,53
AV070	05/07/2016	4,43	3,90	0,05		0,37	7,4	0,1	148,00	2.215,00
AV070	17/10/2016	3,71	2,00	0,06	0,00	0,10	7,7	0,1	62,00	90,10
AV070	10/01/2017	0,83	2,00	0,02		0,10	7,3	0,1	53,00	28,50
AV070	11/07/2017	4,22	2,00	0,02	0,02	0,11	8	0,0	77,00	7,57
AV070	03/10/2017	2,25	2,00	0,02		0,13	7,3	0,2	78,00	13,70
AV070	09/01/2018				0,01		7,6	0,1		
AV070	10/04/2018						7,3	0,1		
AV070	24/07/2018	2,82	2,00	0,02	0,00	0,10	7,4	0,0	49,00	23,70
AV070	09/10/2018	1,95	2,00	0,02		0,10	6,8	0,0	69,00	19,70

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
										Estação
AV070	19/11/2018	4,85	2,00	0,04	0,00	0,10		110,00	4,34	
AV070	03/12/2018	4,76	2,00	0,02	0,00	0,10		68,00	8,93	
AV070	15/01/2019	1,50	2,00	0,74	0,00	0,10	7	67,00	2.047,00	
AV070	02/04/2019	1,26	2,00	0,12	0,02	0,10	7	42,00	155,00	
AV070	09/07/2019	2,30	2,00	0,03	0,00	0,10	6,7	68,00	8,45	
AV070	08/10/2019	2,52	2,00	0,07	0,00	0,16	7,1	79,00	14,60	
AV070	14/01/2020	1,54	2,00	0,21	0,00	0,10	5,9	41,00	516,00	
AV070	16/04/2020	1,95	2,00	0,02	0,00	0,10	7,1	58,00	25,40	
AV070	07/07/2020	2,67	2,00	0,35	0,00	0,10	7,6	57,00	41,90	
AV070	06/10/2020	2,91	2,00	0,06	0,00	0,20	7,1	58,00	102,00	
AV080	11/01/2021	0,56	2,00	0,41	0,00	0,10	6,6	36,00	669,00	
AV080	06/04/2021	0,30	2,00	0,06	0,00	0,10	7	47,00	42,50	
AV080	13/07/2021	0,62	2,00	0,04	0,00	0,50	6,52	43,00	48,10	
AV080	05/10/2021	0,42	2,00	0,04	0,00	0,50	7,2	67,00	13,50	
AV080	14/01/2005	0,58	2,00	1,71	0,00	0,10	6	15,00	3.684,00	
AV080	02/04/2005	0,72	2,00	0,07	0,00	0,10	7	30,00	94,00	
AV080	01/07/2005	0,36	2,00	0,02	0,00	0,10	6,5	47,00	22,40	
AV080	03/10/2005	0,44	2,00	0,04	0,00	0,20	6,9	53,00	16,60	
AV080	13/01/2005	0,30	2,00	0,04		0,20	7		26,90	
AV080	02/04/2005	0,56	2,00	0,08	0,00	0,20	7,4	0,1	40,40	
AV080	07/07/2005	0,36	2,00	0,02	0,00	0,10	7,9	0,2	29,90	
AV080	01/10/2005	0,65	2,00	0,01	0,01	0,10	7,7	0,1	5,66	
AV080	03/10/2005	0,33	2,00	0,01	0,00	0,20	6,9	0,1	51,00	11,20

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
AV080	17/01/2006	0,38	2,00	0,23	0,00	0,20	7,6	0,1	36,00	73,30
AV080	17/04/2006	0,30	2,00	0,05	0,00	0,50	7,6	0,1	50,00	42,40
AV080	10/07/2006	0,30	2,00	0,03	0,00	0,40	7,6	0,1	53,00	40,00
AV080	03/10/2006	0,36	2,00	0,01	0,00	0,40	7,5	0,1	58,00	9,49
AV080	23/01/2007	0,30	2,00	0,07	0,00	0,10	7,3	0,2	49,00	35,10
AV080	11/04/2007	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7,3	0,1	38,00	51,70
AV080	11/07/2007	0,53	2,00	0,01	0,00	0,60	7,2	0,1	49,00	15,60
AV080	03/10/2007	0,40	2,00	0,02	0,00	0,20	6,9	0,1	53,00	36,70
AV080	16/01/2008	0,30	2,00	0,28	0,00	0,10	6,6	0,1	34,00	277,00
AV080	02/04/2008	0,42	2,00	0,02	0,00	0,10	7,1	0,1	42,00	1.566,00
AV080	02/07/2008	0,48	2,00	0,02	0,00	0,12	7,2	0,1	40,00	45,40
AV080	01/10/2008	0,38	2,00	0,02	0,00	0,10	6,7	0,1	46,00	111,00
AV080	14/01/2009	0,42	2,00	0,02	0,00	0,10	6,8	0,1	32,00	132,00
AV080	08/04/2009	0,30	2,00	0,06	0,00	0,10	6,3	0,1	60,00	476,00
AV080	07/07/2009	0,32	2,00	0,01	0,00	0,10	6,8	0,1	50,00	6,53
AV080	01/10/2009	0,55	2,00	0,01	0,00	0,10	6,7	0,0	52,00	24,40
AV080	12/01/2010	0,59	2,00	0,19	0,00	0,10	7,2	0,1	31,00	177,00
AV080	07/04/2010	0,50	2,00	0,34	0,00	0,10	6,6	0,1	40,00	273,00
AV080	06/07/2010	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	6,4	0,1	58,00	15,90
AV080	06/10/2010	0,82	2,00	0,02	0,00	0,13	6,5	0,2	54,00	19,70
AV080	18/01/2011	0,50	2,00	0,11	0,00	0,13	6,6	0,2	43,00	71,70
AV080	06/04/2011	0,54	2,00	0,08	0,00	0,16	6,9	0,1	36,00	50,70
AV080	06/07/2011	0,50	2,00	0,03	0,00	0,21	6,4	0,1	50,00	28,80
AV080	04/10/2011	0,74	2,00	0,02	0,00	0,10	6,3	0,1	37,00	10,90

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
AV080	17/01/2012	0,50	2,00	0,18	0,01	0,17	7,1	0,1	52,00	482,00
AV080	11/04/2012	0,69	2,00	0,02	0,00	0,14	7,4	0,1	85,00	1.882,00
AV080	10/07/2012	0,68	3,70	0,02		0,10	7,6	0,1	38,00	57,00
AV080	01/10/2012	0,58	2,00	0,03	0,00	0,10	7,3	0,2	56,00	92,70
AV080	15/01/2013	0,50	2,00	0,05	0,00	0,13	7,5	0,1	55,00	138,00
AV080	03/04/2013	0,50	2,70	0,09		0,10	7,5	0,0	68,00	939,00
AV080	02/07/2013	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	7,6	0,1	44,00	9,80
AV080	02/10/2013	1,68	2,00	0,07		0,10	6,7	0,1	56,00	851,00
AV080	14/01/2014	0,50	2,00	0,15	0,00	0,13	7,5	0,0	54,00	459,00
AV080	03/04/2014	0,50	2,00	0,06		0,10	8	0,1	54,00	34,40
AV080	08/07/2014	1,31	3,30	0,18	0,01	0,22	7,5	0,1	68,00	15,20
AV080	01/10/2014	0,50	3,10	0,04		0,17	6,9	0,0	63,00	32,50
AV080	13/01/2015	1,07	2,00	0,05	0,01	0,10	7,7	0,1	50,00	40,00
AV080	06/04/2015	0,75	2,00	0,04		0,20	7,7	0,2	39,00	34,40
AV080	07/07/2015	0,64	2,00	0,02	0,00	0,10	7,7	0,1	66,00	11,40
AV080	06/10/2015	1,21	2,00	0,14		0,10	7,7	0,1	76,00	119,00
AV080	12/01/2016	3,31	2,00	0,05	0,00	0,10	7,3	0,2	75,00	66,60
AV080	05/04/2016	0,86	2,00	0,02	0,00	0,14	7,5	0,1	47,00	14,90
AV080	05/07/2016	2,69	3,60	0,07		0,10	7,4	0,1	124,00	2.487,00
AV080	17/10/2016	6,45	2,00	0,16	0,00	0,10	7,5	0,1	63,00	138,00
AV080	10/01/2017	0,60	2,00	0,03		0,10	7,4	0,1	53,00	43,20
AV080	11/07/2017	2,83	2,00	0,02	0,01	0,10	8,2	0,1	79,00	12,80
AV080	03/10/2017	1,21	2,00	0,02		0,21	7,2	0,1	64,00	12,70
AV080	09/01/2018				0,01		7,8	0,2		

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:		250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV080	10/04/2018						6,5	0,2		
AV080	24/07/2018	2,94	2,00	0,02	0,00	0,10	7,4	0,1	43,00	20,70
AV080	09/10/2018	1,73	2,00	0,02		0,10	6,6	0,1	49,00	29,50
AV080	21/11/2018	3,22	2,00	0,02	0,00	0,21			76,00	13,40
AV080	03/12/2018	3,60	2,00	0,02	0,00	0,10			61,00	7,94
AV080	15/01/2019	1,77	2,00	0,02	0,00	0,10	7,1	0,2	51,00	9,82
AV080	02/04/2019	1,74	2,00	0,04	0,00	0,14	7,3	0,2	42,00	8,75
AV080	09/07/2019	1,32	2,00	0,10	0,00	0,10	6,7	0,1	30,00	578,00
AV120	08/10/2019	0,30					7,4	0,1	20,00	7,33
AV120	07/07/2020	0,51					7,6	0,1	14,00	4,22
AV120	06/10/2020	1,03	2,00	0,33	0,01	0,10	7,6	0,1	87,00	1.582,00
AV120	11/01/2021	0,30					6,4	0,1	23,00	9,36
AV120	11/11/2005	0,85					6,46	0,2	23,00	20,60
AV120	05/12/2005	0,47	2,00	0,02	0,00	0,20	6,32	0,1	22,00	5,56
AV120	17/01/2005	0,33					5,1	1,1	15,00	4,09
AV120	12/02/2005	0,58					6,9	0,2	18,00	70,20
AV120	06/03/2005	0,52	2,00	0,01	0,00	0,10	6,6	0,1	23,00	3,21
AV120	03/04/2005	0,30					6,8	0,2	22,00	22,00
AV120	08/05/2005	0,30					6,3	0,1	27,00	1,81
AV120	02/06/2005	0,51	2,00	0,04	0,00	0,10	6,1	0,1	27,00	9,80
AV120	04/07/2005	0,46					7,3	0,1	24,00	3,50
AV120	01/08/2005	0,80					6,8	0,1	22,00	21,20
AV120	05/09/2005	0,78	2,00	0,06	0,00	0,10	6,5	0,3	20,00	157,00
AV120	08/10/2005	0,62					6,5	0,2	23,00	50,90

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:		250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacoal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV120	18/11/2005	0,47					6,4	0,3	32,00	21,10
AV120	09/12/2005	0,94	2,00	0,03	0,00	0,10	6,2	0,3	19,00	47,40
AV120	14/01/2005	0,39					7,1	0,1	29,00	6,70
AV120	12/02/2005	0,40					7,4	0,1	24,00	7,82
AV120	12/03/2005	0,42	2,00	0,01	0,00	0,10	6,8	0,2	25,00	6,34
AV120	05/04/2005	0,33					6,4	0,3	19,00	14,60
AV120	06/05/2005	0,59					7,4	0,1	27,00	6,40
AV120	03/06/2005	0,59	2,00	0,05	0,00	0,20	6,8	0,2	26,00	12,40
AV120	09/07/2005	1,25					7,3	0,2	24,00	12,80
AV120	12/08/2005	0,99					6,9	0,3	25,00	54,20
AV120	10/09/2005	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	7	0,1	25,00	5,88
AV120	01/10/2005	0,62	2,00	0,07	0,00	0,10	7,1	0,2	32,00	36,00
AV120	04/11/2005	0,56	2,00	0,01	0,00	0,20	7,4	0,1	24,00	2,46
AV120	10/12/2005	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	7	0,2	33,00	14,00
AV120	05/10/2006	1,02	2,00	0,01	0,00	0,10	7,1	0,1	36,00	16,00
AV120	12/04/2007	0,32	2,00	0,01	0,00	0,10	6,9	0,1	30,00	19,10
AV120	04/10/2007	0,30	2,00	0,01	0,00	0,10	6,3	0,1	21,00	10,00
AV120	03/04/2008	0,35	2,00	0,01	0,00	0,12	6,4	0,1	30,00	11,90
AV120	01/10/2008	0,55	2,00	0,02	0,00	0,10	6,9	0,1	35,00	11,10
AV120	13/04/2009	0,50	2,00	0,02	0,00	0,10	6,7	0,1	31,00	8,86
AV120	01/10/2009	0,71	2,00	0,02	0,00	0,10	6,4	0,1	31,00	4,86
AV120	08/04/2010	0,79	2,00	0,05	0,01	0,41	6,3	0,1	38,00	11,50
AV120	07/10/2010	2,28	2,00	0,02	0,00	0,10	6	0,2	26,00	3,99
AV120	07/04/2011	0,88	2,00	0,05	0,01	0,12	6,4	0,2	44,00	260,00

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:		250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV120	06/10/2011	0,76	2,00	0,02	0,01	0,10	5,8	0,1	36,00	98,70
AV120	12/04/2012	0,66	2,00	0,02	0,00	0,10	7,1	0,1	35,00	22,20
AV120	04/10/2012	0,93	2,00	0,02	0,02	0,10	7,8	0,2	31,00	11,30
AV120	16/01/2013	0,75	2,00	0,02		0,10	7,3	0,1	23,00	9,03
AV120	04/04/2013	0,50	2,00	0,02	0,01	0,13	7,5	0,1	19,00	9,42
AV120	03/07/2013	1,64	2,00	0,02		0,10	7,4	0,1	27,00	6,83
AV120	31/01/2014	0,74	2,00	0,03	0,00	0,10	7,1	0,1	38,00	24,10
AV120	07/04/2014	0,50	2,00	0,02		0,10	7	0,1	36,00	17,70
AV120	09/07/2014	0,74	2,00	0,02	0,01	0,10	6,9	0,1	38,00	10,70
AV120	01/10/2014	0,83	2,10	0,04		0,10	6,5	0,1	58,00	27,40
AV120	14/01/2015	1,55	2,00	0,03	0,00	0,10	7,3	0,1	72,00	11,00
AV120	08/04/2015	0,50	2,00	0,02		0,10	7,4	0,1	42,00	5,06
AV120	08/07/2015	0,84	2,00	0,02	0,00	0,10	7,7	0,1	68,00	55,00
AV120	07/10/2015	1,38	2,00	0,02		0,10	7,6	0,1	64,00	19,10
AV120	13/01/2016	1,21	2,00	0,02	0,00	0,10	6,9	0,0	32,00	18,90
AV120	06/04/2016	0,92	2,00	0,02	0,00	0,14	7,3	0,1	48,00	16,10
AV120	06/07/2016	0,81	2,00	0,02		0,10	7,1	0,1	44,00	12,00
AV120	18/10/2016	8,83	2,00	0,02	0,03	0,22	7,2	0,1	44,00	6,41
AV120	11/01/2017	1,54	2,00	0,02		0,10	6,5	0,1	40,00	12,20
AV120	12/07/2017	0,60	2,00	0,02	0,00	0,10	7,8	0,1	38,00	2,72
AV120	04/10/2017	0,50	2,00	0,02		0,19	6,6	0,1	25,00	3,80
AV120	10/01/2018						7,3	0,1		
AV120	11/04/2018				0,01		6,5	0,1		
AV120	25/07/2018	1,19	2,00	0,02	0,00	0,10	6,1	0,0	70,00	12,90

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT		
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
AV120	10/10/2018	0,80	2,00	0,02			0,10	6,6	0,1	22,00	16,40
AV120	15/11/2018	0,58	2,00	0,02	0,00		0,24			36,00	4,30
AV120	03/12/2018	0,50	2,00	0,02	0,00		0,33			24,00	2,51
AV120	16/01/2019	0,50	2,00	0,03	0,01		0,10	6,3	0,1	23,00	12,90
AV120	03/04/2019	0,75	2,00	0,05	0,01		0,10	6,8	0,1	29,00	21,50
AV120	10/07/2019	0,50	3,10	0,02	0,00		0,43	7,1	0,1	26,00	5,02
AV120	09/10/2019	0,50	2,00	0,04	0,00		0,10	7,1	0,1	25,00	4,76
AV120	15/01/2020	0,75	2,00	0,03	0,00		0,30	6,3	0,1	27,00	158,00
AV120	17/04/2020	0,88	2,10	0,02	0,00		0,10	6,1	0,1	25,00	16,20
AV120	08/07/2020	0,59	2,00	0,04	0,00		0,10	6,9	0,1	30,00	73,40
AV120	07/10/2020	0,97	2,00	0,08	0,00		0,37	7,1	0,1	44,00	59,80
BV035	12/01/2021	2,70	0,20	0,14			0,35	6,8	0,1	57,60	50,00
BV035	07/04/2021	1,60	2,00	0,11			0,30	6,3	0,1	43,00	44,00
BV035	14/07/2021	1,10	5,00	0,14	0,00		0,50	5,5	0,1	70,00	2.956,00
BV035	06/10/2021	1,28	6,00	0,26			0,30	7,3	0,1	55,00	261,00
BV035	23/09/2005	1,54	7,00	0,12	0,01		0,40	7		63,00	6,23
BV035	17/11/2005	2,01	3,00	0,11			0,30	7,3		55,00	23,60
BV035	19/01/2005	2,17	7,00	0,02	0,01		0,60	7	0,1	51,00	1.398,00
BV035	01/04/2005	1,52	6,00	0,10			0,40	6,9		47,00	4,69
BV035	21/07/2005	1,45	10,00	0,16	0,01		0,80	7,4	0,1	66,00	20,50
BV035	17/11/2005	1,53	5,00	0,07			0,30	6,8		56,00	39,60
BV035	19/01/2005	1,08	4,00	0,72	0,01		0,30	7,3	0,2	55,00	1.516,00
BV035	18/05/2005	1,12	6,00	0,10	0,01		0,30	7,1		60,00	18,30
BV035	20/07/2005	2,11	4,00	0,11	0,00		0,50	6,8	0,1	51,00	13,80

(Continua)

Estação	Data de Amostragem	LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
		Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacoal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez	
BV035	16/11/2005	1,52	4,00	0,12	0,01	0,20	6,7			41,00	93,80
BV035	18/01/2005	1,13	3,00	0,07	0,01	0,30	6,3	0,1		32,00	42,70
BV035	16/05/2005	1,13	5,00	0,03	0,01	0,40	7,1			51,00	25,80
BV035	18/07/2005	1,72	7,00	0,15	0,02	0,80	8,2	0,1		60,00	13,40
BV035	20/11/2005	1,24	4,00	0,09	0,01	0,20	8			55,00	121,00
BV035	16/01/2005	1,34	2,00	0,20	0,00	0,40	6,94	0,2		44,00	1.248,00
BV035	15/05/2005	1,42	4,00	0,09	0,01	0,40	7,09			48,00	55,80
BV035	17/07/2005	2,09	6,00	0,13	0,02	0,60	7,17	0,2		52,00	11,10
BV035	20/11/2005	1,66	5,00	0,18		0,50	7,14			58,00	6,90
BV035	15/01/2005	0,58	2,00	0,49	0,01	0,30	6,63	0,1		229,00	1.490,00
BV035	14/05/2005	1,15	2,00	0,08	0,02	0,30	6,78			36,00	27,40
BV035	16/07/2005	1,81	4,00	0,08	0,02	0,50	6,47	0,1		54,00	4,94
BV035	11/11/2005	1,61	2,00	0,14	0,07	0,50	6,75			55,00	4,73
BV035	17/01/2005	1,00	2,00	0,42	0,01	0,20	5,5	0,3		32,00	498,00
BV035	03/04/2005	1,01	4,00	0,17	0,01	0,10	7	0,2		51,00	484,00
BV035	04/07/2005	2,02	5,00	0,11	0,02	0,30	7,1	0,1		49,00	12,00
BV035	08/10/2005	1,84	4,00	0,11	0,03	1,30	6,9	0,2		63,00	17,00
BV035	14/01/2005	1,26	2,00	0,49	0,00	0,10	7,1	0,1		106,00	1.924,00
BV035	05/04/2005	1,64	2,00	0,02		0,50	7,3	0,0			21,10
BV035	09/07/2005	0,97	6,00	0,17	0,01	0,90	7,5	0,2		47,00	4,38
BV035	01/10/2005	2,54	5,00	0,13		0,50	7,5	0,2			9,51
BV035	17/01/2005	1,91	2,00	0,12	0,02	0,50	6,9	0,1		49,00	14,90
BV035	18/04/2005	1,33	2,00	0,10	0,01	0,40	6,8				19,50
BV035	11/07/2005	2,29	5,00	0,16	0,03	0,80	6,8	0,1		49,00	3,81

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
BV035	03/10/2005	2,30	3,00	0,13	0,02	0,70	8,7	0,2	53,00	9,71
BV035	17/01/2006	1,22	2,00	0,15	0,01	0,20	7,6	0,1	60,00	460,00
BV035	17/04/2006	1,58	3,00	0,12	0,02	0,40	7,6	0,2	52,00	39,50
BV035	10/07/2006	1,85	3,00				7,2	0,1	46,00	15,60
BV035	05/10/2006	0,62	2,00				7,2	0,2	37,00	6,77
BV035	24/01/2007	1,46	2,00	0,13	0,01	0,80	7,4	0,2	55,00	18,50
BV035	12/04/2007	1,73	4,00				7,1	0,2	60,00	145,00
BV035	14/05/2007	2,31	6,00				6,6		62,00	13,00
BV035	13/06/2007	2,20	4,00	0,09	0,02	1,00	6,8		56,00	10,00
BV035	12/07/2007	2,50	4,00				6,9	0,1	58,00	119,00
BV035	16/08/2007	3,95	2,00				6,9		46,00	81,00
BV035	13/09/2007	1,16	3,00	0,32	0,01	0,40	7		56,00	26,30
BV035	04/10/2007	0,71	2,00				6,7	0,2	42,00	178,00
BV035	14/11/2007	0,97	2,00				7		48,00	1.274,00
BV035	11/12/2007	1,47	3,00	0,11	0,01	0,40	7,2		51,00	45,80
BV035	17/01/2008	2,10	4,00		0,01		6,5	0,1	45,00	12,30
BV035	13/02/2008	2,02	4,00		0,02		6,7		48,00	8,75
BV035	13/03/2008	2,04	2,00	0,12	0,02	0,60	6,9		52,00	14,50
BV035	03/04/2008	2,27	4,00		0,02		6,6	0,1	69,00	14,30
BV035	14/05/2008	2,09	3,00		0,03		6,9		64,00	6,76
BV035	11/06/2008	2,03	4,00	0,13	0,02	0,60	7,2		55,00	25,00
BV035	03/07/2008	1,60	2,00		0,02		6,9	0,1	60,00	72,10
BV035	12/08/2008	3,55	4,00		0,02		6,8		78,00	1.604,00
BV035	09/09/2008	1,31	2,00	0,47	0,01	0,14	6,8		55,00	1.216,00

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT		
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
BV035	01/10/2008	1,21	2,00			0,01		6,9	0,1	43,00	247,00
BV035	11/11/2008	1,30	2,00			0,01		6,9		48,00	34,10
BV035	09/12/2008	1,09	2,00	0,07		0,01	0,19	5,8		39,00	105,00
BV035	15/01/2009	1,21	2,40			0,01		6,5	0,1	46,00	28,70
BV035	16/02/2009	1,26	3,70			0,01		6,6		45,00	16,70
BV035	16/03/2009	1,50	2,40	0,07		0,01	0,46	6,6		38,00	19,50
BV035	13/04/2009	1,54	3,90			0,02		6,9	0,1	56,00	15,80
BV035	18/05/2009	2,31	4,80			0,02		6,9		51,00	34,50
BV035	15/06/2009	1,47	2,80	0,09		0,01	0,45	6,9		43,00	24,30
BV035	08/07/2009	1,37	3,10			0,01		6,7	0,1	59,00	81,70
BV035	21/08/2009	1,05	2,90			0,00		6,8		51,00	696,00
BV035	15/09/2009	0,95	2,00	0,05		0,01	0,26	6,9		42,00	67,80
BV035	01/10/2009	1,60	2,00			0,02		6,5	0,1	47,00	139,00
BV035	09/11/2009	1,23	2,00			0,01		7,1		50,00	141,00
BV035	07/12/2009	1,05	2,10	0,06		0,01	0,34	7,3		40,00	124,00
BV035	13/01/2010	1,74	2,10			0,02		7,2	0,1	32,00	157,00
BV035	17/02/2010	1,74	5,50			0,02		7,5		43,00	12,80
BV035	09/03/2010	1,74	3,40	0,11		0,02	0,65	7,2		47,00	8,63
BV035	08/04/2010	1,81	4,00			0,02		6,5	0,1	52,00	21,00
BV035	11/05/2010	2,41	4,10			0,03		6,9		59,00	168,00
BV035	07/06/2010	1,83	2,50	0,14		0,03	0,56	7,2		58,00	23,90
BV035	07/07/2010	1,30	2,00	0,28		0,01	0,50	6,3	0,2	43,00	279,00
BV035	09/08/2010	1,12	2,10	0,15			0,64	7,4		44,00	98,50
BV035	08/09/2010	1,63	3,20	0,11		0,02	0,64	7,4		58,00	9,24

(Continua)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:	250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT	
	Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais
BV035	07/10/2010	1,90	2,30	0,20	0,03	0,80	6,4	0,2	54,00	6,87
BV035	19/01/2011	1,20	2,10	0,02	0,01	0,33	7,2	0,2	50,00	43,10
BV035	07/04/2011	1,39	2,50	0,16	0,02	0,38	6,7	0,1	42,00	61,60
BV035	07/07/2011	1,41	2,30	0,07	0,01	0,37	5,8	0,2	43,00	8,55
BV035	06/10/2011	1,52	2,10	0,11	0,04	0,59	6,2	0,1	47,00	17,10
BV035	18/01/2012	1,07	2,70	0,05	0,01	0,23	7	0,2	51,00	1.404,00
BV035	12/04/2012	1,95	3,60	0,12	0,01	0,42	7,3	0,1	42,00	174,00
BV035	11/07/2012	1,61	2,40	0,08	0,03	0,50	7,5	0,1	56,00	18,90
BV035	02/10/2012	2,80	4,10	0,09	0,03	0,99	7,4	0,1	54,00	29,90
BV035	16/01/2013	2,27	3,40	0,08	0,03	0,55	7,4	0,1	64,00	31,90
BV035	04/04/2013	2,35	3,20	0,09	0,02	0,89	7,3	0,1	58,00	46,90
BV035	03/07/2013	2,44	5,50	0,14	0,08	0,94	7,4	0,1	57,00	15,50
BV035	02/10/2013	2,40	4,40	0,10	0,03	0,10	7,2	0,2	56,00	43,80
BV035	15/01/2014	2,02	4,30	0,19	0,03	0,20	7,4	0,1	69,00	63,00
BV035	07/04/2014	1,58	3,40	0,11	0,01	0,11	7,3	0,1	54,00	37,50
BV035	09/07/2014	1,59	3,90	0,18	0,03	0,59	7,1	0,1	61,00	11,40
BV035	01/10/2014	1,57	5,70	0,10	0,02	0,10	6,5	0,1	54,00	22,90
BV035	14/01/2015	2,37	4,80	0,02	0,02	0,33	7,4	0,1	73,00	379,00
BV035	08/04/2015	2,10	4,90	0,10	0,01	0,49	7,4	0,1	54,00	27,20
BV035	08/07/2015	2,02	2,00	0,08	0,05	0,27	7,7	0,1	66,00	7,98
BV035	07/10/2015	3,18	2,60	0,11	0,04	0,54	7,6	0,1	63,00	32,00
BV035	13/01/2016	2,58	2,90	0,11	0,02	0,34	6,5	0,1	67,00	118,00
BV035	06/04/2016	2,46	2,10	0,13	0,06	0,65	7,4	0,2	67,00	5,43
BV035	06/07/2016	4,51	4,10	0,12	0,02	0,60	7,2	0,1	80,00	152,00

(Conclusão)

LIMITE RESOLUÇÃO CONAMA N.º 357/05:		250 mg/L	5 mg/L	≤0,10 mg/L	1,0 mg/L	3,7 mg/L 2,0 mg/L 1,0 mg/L 0,5 mg/L	pH < 7,5 7,5 < pH < 8,0 8,0 < pH < 8,5 pH > 8,5	0,3 mg/L	500 mg/L	100/UNT
Estação	Data de Amostragem	Cloreto total	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo total	Nitrito	Nitrogênio amoniacoal total	pH in loco	Ferro dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Turbidez
BV035	18/10/2016	3,42	2,10	0,08	0,02	0,44	7,2	0,2	23,00	55,10
BV035	11/01/2017	1,80	3,20	0,05	0,02	0,47	7,2	0,1	51,00	21,80
BV035	12/07/2017	4,73	3,90	0,13	0,05	0,93	7,8	0,1	71,00	6,40
BV035	04/10/2017	2,23	2,40	0,04	0,03	0,69	6,7	1,1	80,00	10,40
BV035	10/01/2018	3,00	2,10	0,06	0,02	0,43	7,4	0,2	68,00	17,10
BV035	11/04/2018	2,87	2,00	0,07	0,02	0,66	7,1	0,2	37,00	71,40
BV035	25/07/2018	5,13	2,70	0,11	0,02	0,90	6,1	0,2	69,00	7,17
BV035	10/10/2018	3,66	4,10	0,38	0,02	0,68	7	0,2	87,00	731,00
BV035	16/01/2019	1,71	2,00	0,40	0,01	0,39	6,5	0,2	47,00	732,00
BV035	03/04/2019	1,25	2,00	0,18	0,01	0,10	6,4	0,2	47,00	59,90
BV035	10/07/2019	2,29	3,60	0,09	0,02	0,68	7,8	0,1	69,00	7,14
BV035	09/10/2019	3,57	4,30	0,16	0,03	1,10	6,9	0,1	61,00	8,23
BV035	15/01/2020	1,66	2,00	0,29	0,01	0,16	4,8	0,5	48,00	463,00
BV035	17/04/2020	2,52	2,00	0,06	0,01	0,99	6,4	0,2	45,00	15,90
BV035	08/07/2020	3,65	5,40	0,34	0,02	0,60	7,2	0,2	39,00	10,10
BV035	07/10/2020	3,56	2,00	0,27	0,02	0,74	7,3	0,2	76,00	184,00