

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS – PROFÁGUA

LAÍS FERNANDES DE MORAES

DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE UMA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: UMA PLATAFORMA *ONLINE*

Porto Alegre

2018

LAÍS FERNANDES DE MORAES

DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE UMA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: UMA PLATAFORMA *ONLINE*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos como requisito parcial à
obtenção do grau de mestra.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Poletto

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Moraes, Laís Fernandes de
Disponibilização dos dados de qualidade de água de
uma bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, Brasil:
uma plataforma online / Laís Fernandes de Moraes. --
2018.
120 f.
Orientador: Cristiano Poletto.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas
Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Gestão e
Regulação de Recursos Hídricos, Porto Alegre, BR-RS,
2018.

1. Qualidade de água. 2. Gestão de recursos
hídricos. 3. Sistemas de informações geográficas. 4.
Rio dos Sinos. I. Poletto, Cristiano, orient. II.
Título.

LAÍS FERNANDES DE MORAES

DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE UMA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: UMA PLATAFORMA *ONLINE*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos como requisito parcial à obtenção do grau de mestra.

Aprovado em: Porto Alegre, 18 de dezembro de 2018.

Prof. Dr. Cristiano Poletto – UFRGS – IPH
Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Lúcia Ribeiro Rodrigues – UFRGS – IPH
Examinador

Prof. Dr. André Peres – IFRS
Examinador

“A água é um bem comunitário e um direito de todos os seres e é essencial para a garantia de vida em todas as suas formas.”
(Princípio do legado do Fórum Cidadão – Fórum Mundial da Água, março de 2018)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço 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.

Agradeço pela oportunidade de realizar este curso de pós-graduação à Agência Nacional de Águas (ANA) e aos idealizadores do ProfÁgua, que possibilitaram meu ingresso no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) e o retorno à Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Agradeço pela orientação deste trabalho ao Professor Dr. Cristiano Poletto, que direcionou minhas ideias e pelo incentivo ao desenvolvimento acadêmico.

Agradeço pelo empenho e comprometimento da aluna Viviani Andrade Machado, no desenvolvimento de importante etapa para conclusão desta pesquisa.

Agradeço à Professora Dra. Simone Kapusta e ao Professor André Peres do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul, por terem me acolhido e contribuído com suas *expertises*.

Sou imensamente grata ao meu grande amigo Nilton de Deus Filho, que sempre está disposto a ajudar e contribuir com sua generosidade e sabedoria.

À Paula Riediger agradeço pela parceria e a mais recente amizade da vida!

A todos os colegas da primeira turma do polo IPH agradeço pelos aprendizados em aula.

Agradeço ao Comitesinos e à Secretária Administrativa Débora da Silva e ao Serviço Municipal de Água e Esgotos (SEMAE-SL), por autorizar a minha participação neste curso de mestrado e pelo incentivo à qualificação profissional.

Aos meus colegas do SEMAE, em especial à Aline Barreto, à Jamile Hallam, ao Tales Zubik e ao estagiário Nicolas Michels, agradeço pela colaboração na execução deste trabalho.

À grande amiga e revisora Kátia Michelle Aires agradeço pelo olhar minucioso e competência.

Por fim, à minha amorosa família: meu pai, Flávio, minha mãe, Ezilda e meus irmãos, Letícia, Érico e Beatriz pelo apoio e incentivo e principalmente à minha filha Ananda e ao Cassiano, sou muito grata, amo vocês!

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos é uma das mais populosas do estado do Rio Grande do Sul e seu principal curso d'água é um dos rios mais poluídos do Brasil. Diante da problemática ambiental e do quadro de degradação da qualidade de suas águas, são necessários monitoramento contínuo e investimentos de grande monta em ações de saneamento. Os conflitos gerados pelos usos múltiplos da água determinam interesses cada vez maiores pela abordagem sistêmica do gerenciamento da qualidade da água. Sensível a tais aspectos, esta pesquisa teve como objetivos: identificar as diversas ações institucionais para avaliação da qualidade de água do rio; apresentar o levantamento de informações a respeito da rede de monitoramento hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos; propor um sistema *online* de divulgação dos resultados de parâmetros básicos exclusivo para o Rio dos Sinos. Foi realizada uma pesquisa documental por intermédio da qual se identificaram os entes responsáveis pelo monitoramento hidrológico do Rio dos Sinos e seus afluentes. Há diversos órgãos responsáveis e que são variadas as frequências de amostragem de qualidade da água. A principal entidade responsável por esse monitoramento é a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), que realiza a análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos trimestralmente. Os titulares dos serviços de saneamento verificam em frequência horária, diária e mensal a água captada e os padrões dos efluentes lançados no rio. Outras entidades, estaduais e federais, realizam o monitoramento em estações fluviométricas e pluviométricas. Constatou-se que, apesar de o manancial ser altamente monitorado, não havia integração dos dados. Foram, então, tabulados os resultados do monitoramento da FEPAM e produzidos mapas em programas de georreferenciamento. Ademais, fez-se uma análise gráfica dos resultados fornecidos pela FEPAM, considerando o período de 2016 a 2018 dos parâmetros oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade, pH e turbidez para os onze pontos cadastrados no programa Qualiágua – ANA. Foi desenvolvido um *site*, denominado QualiSinos, com banco de dados *web*, baseado em Sistema de Informações Geográficas, para coleta e divulgação de dados e informações da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Nesse *site*, podem ser visualizados os resultados cadastrados diariamente pelos usuários responsáveis pelas análises, e há também informações sobre os aspectos socioambientais da bacia e dados referentes aos parâmetros básicos de monitoramento da qualidade de água (pH, turbidez, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido). A plataforma desenvolvida será disponibilizada no servidor de alguma entidade parceira gratuitamente, de forma a contribuir para a gestão integrada deste importante recurso hídrico.

Palavras-chave: Qualidade de água. Gestão de recursos hídricos. Sistemas de informações geográficas. Rio dos Sinos.

ABSTRACT

The Sinos River Basin, one of the most populated in the state of Rio Grande do Sul and its main watercourse is one of the most polluted rivers in Brazil. In view of the environmental problems and the deterioration of the quality of its waters, it is necessary to continuously monitor and invest heavily in sanitation actions. Conflicts generated by multiple uses of water determine increasing interest in the systemic approach to water quality management. Sensitive to these aspects, this research had as objectives: to identify the various institutional actions to evaluate the water quality of the river; present information on the hydrological monitoring network of the Sinos River Basin; to propose an online system to divulge the results of basic parameters exclusive to Sinos River. A documentary research was conducted through which the entities responsible for the hydrological monitoring of the Sinos River and its tributaries were identified. It was found that there are several responsible organisms and that the sampling frequencies of water quality are varied. The main entity responsible for this monitoring is the State Foundation for Environmental Protection, which performs the analysis of physical, chemical and biological parameters quarterly. The owners of the sanitation services verify the hourly, daily and monthly frequency of the water abstracted and the standards of the effluents thrown into the river. Other entities, state and federal, perform the monitoring in fluviometrics and pluviometrics stations. It was found, therefore, that although the source was highly monitored, there was no integration of the data. The results of FEPAM monitoring and mapping were then tabulated in georeferencing programs. In addition, a graphical analysis of the results provided by FEPAM was made, considering the period from 2016 to 2018 of the parameters: dissolved oxygen, temperature, conductivity, pH and turbidity for the eleven points registered in the Qualiagua - ANA program. A Web site, called QualiSinos, was developed with a web database, based on Geographic Information System, for the collection and dissemination of data and information from the Rio dos Sinos river basin. In this site, the results recorded by the users responsible for the analyzes can be visualized daily. There is also information about the basin's environmental aspects and information on the basic parameters of water quality monitoring (pH, turbidity, temperature, conductivity and dissolved oxygen). The platform developed will be made available on the server of some partner entity for free, in order to contribute to the integrated management of this important water resource.

Keywords: Water quality, Water resources management, Geographic information systems, Sinos River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resultados do monitoramento do Rio Jacareí (março/2006). FONTE: MAGINA et al, (2009).....	29
Figura 2 – Estação de Monitoramento Automática – CETESB, no Reservatório Águas Claras, Sistema Cantareira – SABESP. Fonte: Arquivo pessoal da autora.	32
Figura 3 – Imagem da composição do relatório gerado pelo sistema Infoaguas da CETESB. Fonte: Elaborado pela autora.....	33
Figura 4 – Mapa das metas de expansão do programa Qualiágua no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: ANA, 2017.....	35
Figura 5 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos/RS. Fonte: Elaborado por Osvaldo Cabongo.....	48
Figura 6 – Exemplo de visualização das informações dos pontos de monitoramento no Google Earth. Fonte: Elaborado pela autora.	50
Figura 7 – Diagrama ER (Entidade - Relacionamento) utilizados pelo banco de dados. Fonte: Elaborado por Viviani A. Machado, 2018.....	54
Figura 8 – Diagrama de casos de uso para programação. Elaborado por Viviani A. Machado, 2018.....	55
Figura 9 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e enquadramento segundo Plano SINOS. Fonte: MORAES et al., 2018.....	61
Figura 10 – Imagem de Satélite do Ponto Caraá. Fonte Google Maps.	62
Figura 11 – Imagem de Satélite do Ponto Rolante. Fonte: Google Maps.	63
Figura 12 – Imagem de Satélite do Ponto Parobé. Fonte: Google Maps.....	64
Figura 13 – Imagem de Satélite do Ponto Campo Bom. Fonte: Google Maps.	65
Figura 14 – Imagem de Satélite do Ponto Novo Hamburgo. Fonte: Google Maps.....	66
Figura 15 – Imagem de Satélite do Ponto São Leopoldo 01. Fonte: Google Maps.	67
Figura 16 – Imagem de Satélite do Ponto São Leopoldo 02. Fonte: Google Maps.	68
Figura 17 – Imagem de Satélite do Ponto São Leopoldo 03. Fonte: Google Maps.	69
Figura 18 – Imagem de Satélite do Ponto Portão. Fonte: Google Maps.	71
Figura 19 – Imagem de Satélite do Ponto Sapucaia do Sul. Fonte: Google Maps.....	72
Figura 20 – Imagem de Satélite do Ponto Nova Santa Rita. Fonte: Google Maps.	73
Figura 21 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	74
Figura 22 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	75
Figura 23 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	75
Figura 24 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	76
Figura 25 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	76
Figura 26 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	77
Figura 27 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	78
Figura 28 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	78
Figura 29 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	79

Figura 30 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	79
Figura 31 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	80
Figura 32 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	80
Figura 33 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	81
Figura 34 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	81
Figura 35 – Gráfico dos resultados de turbidez) da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	82
Figura 36 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	83
Figura 37 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	83
Figura 38 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	84
Figura 39 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	84
Figura 40 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	85
Figura 41 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	86
Figura 42 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	86
Figura 43 – Gráfico dos resultados básicos de pH da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	87
Figura 44 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	87
Figura 45 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	88
Figura 46 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	89
Figura 47 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	89
Figura 48 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	90
Figura 49 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	90
Figura 50 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.....	91
Figura 51 – Estação de Captação de Água da CORSAN em Campo Bom/RS. Fonte: Google Maps.....	93
Figura 52 – Estação de captação de água da CORSAN em Esteio/RS. Fonte: Google Maps.....	93
Figura 53 – Estação de captação de água da CORSAN em Nova Santa Rita/RS. Fonte: Google Maps.....	94
Figura 54 – Estação de captação de água da COMUSA em Novo Hamburgo/RS. Fonte: Google Maps.....	94

Figura 55 – Estação de captação de água da CORSAN em Santo Antônio da Patrulha/RS. Fonte: Google Maps.	95
Figura 56 - Estação de captação de água do SEMAE em São Leopoldo/RS. Fonte: Google Maps.	96
Figura 57 – Adutora de água da CORSAN em Taquara/RS. Fonte: Google Maps.	96
Figura 58 – Tela inicial da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.	97
Figura 59 – Banco de dados da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.	98
Figura 60 – Tela de painel administrador, cadastro de Estação / Ponto de Monitoramento. Fonte: MACHADO (2018), para a autora.	99
Figura 61 – Tela de cadastro de análise de água. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.	100
Figura 62 – Continuação da tela inicial da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.	100
Figura 63 – Última parte da tela inicial da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Usos das Classes de Água Doce.	24
Tabela 2 – Instituições federais que realizam monitoramento de recursos hídricos. Adaptado de Silva (2018).	30
Tabela 3 – Antigos locais de monitoramento utilizados para avaliação da qualidade de água do rio dos Sinos – FEPAM (período 1990 -2006).....	34
Tabela 4 – Resumo das informações sobre os municípios componentes da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Fonte: Elaborado pela autora.....	46
Tabela 5 – Resumo das fontes de informação pesquisadas e tipos de dados obtidos. Elaborado pela autora.....	60
Tabela 6 – Resultados do ponto Caraá.	62
Tabela 7 – Resultados do ponto Rolante.	63
Tabela 8 – Resultados do ponto Parobé.	64
Tabela 9 – Resultados do ponto Campo Bom.	65
Tabela 10 – Resultados do ponto Novo Hamburgo.....	66
Tabela 11 – Resultados do ponto São Leopoldo 01.	67
Tabela 12 – Resultados do ponto São Leopoldo 02.	69
Tabela 13 – Resultados do ponto São Leopoldo 03.	70
Tabela 14 – Resultados do ponto Portão.	71
Tabela 15 – Resultados do ponto Sapucaia do Sul.....	72
Tabela 16 – Resultados do ponto Nova Santa Rita.	73
Tabela 17 – Estações de Tratamento de Água com captação no Rio dos Sinos.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA – Agência Nacional de Águas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta a Desastres Naturais
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COMITESINOS – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
COMUSA – Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo
CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre
DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DRH – Departamento de Recursos Hídricos do RS
ETA – Estação de Tratamento de Água
FEPAM-RS – Fundação Estadual de Proteção Ambiental – Henrique Roesler
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoT – *Internet of Things* (inglês)
INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais
IQA – Índice de Qualidade da Água
MO – Matéria Orgânica
NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD – Oxigênio Dissolvido
pH – Potencial Hidrogeniônico
PNQA – Programa Nacional da Qualidade de Água
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PRÓ-SINOS – Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
RNQA – Rede Nacional da Qualidade de Água
SABESP – Companhia de Saneamento Básico de SP
SEMAE – Serviço Municipal de Água e Esgotos de São Leopoldo
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Informações sobre Recursos Hídricos
SIRH – Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos
SISMADEN – Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
SMAD – Sistema de Monitoramento e Alerta a Desastres
UCs – Unidades de Conservação
UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	BACIA HIDROGRÁFICA.....	20
2.1.1	<i>Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.....</i>	<i>21</i>
2.2	QUALIDADE DE ÁGUA.....	22
2.3	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	25
2.3.1	<i>Temperatura</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Turbidez.....</i>	<i>26</i>
2.3.3	<i>Condutividade elétrica</i>	<i>27</i>
2.3.4	<i>pH.....</i>	<i>27</i>
2.3.5	<i>Oxigênio dissolvido</i>	<i>28</i>
2.4	MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA NO BRASIL E NO RIO GRANDE DOS SUL	28
2.5	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL	36
2.6	SISTEMAS DE BANCO DE DADOS E DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	39
2.7	RIO DOS SINOS	43
3	MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	47
3.2	COLETA DE DADOS.....	49
3.3	ESTRUTURAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE MONITORAMENTO	49
3.4	DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA QUALISINOS	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1	ESTUDOS SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA DO RIO DOS SINOS	56
4.2	FONTES DE CONSULTA PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO	59
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA FEPAM – QUALIÁGUA.....	61
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUALIÁGUA – BH SINOS POR CAMPANHA DE AMOSTRAGEM.....	74
4.5	ESTAÇÕES DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA	92
4.6	PLATAFORMA DE DISPONIBILIZAÇÃO DE RESULTADOS DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE – QUALISINOS	97
5	CONCLUSÕES.....	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos está localizada na região nordeste do Rio Grande do Sul e abrange 32 municípios. A situação relativa ao conflito de uso da água, em termos de quantidade e qualidade, na bacia hidrográfica é preocupante. A garantia de uso para o abastecimento de mais de 1,3 milhões de habitantes e para a irrigação de lavouras, em contraponto aos usos que impactam a qualidade de suas águas — como os despejos de esgotos sanitários, a diluição de efluentes industriais e agropecuários, e a drenagem urbana — afetam todo o componente ambiental da bacia do Rio dos Sinos, contribuindo para tornar o manancial um dos mais poluídos do Brasil (FIGUEIREDO, 2010).

As causas da perda de qualidade dos recursos hídricos são o lançamento de efluentes e de esgotos sanitários sem o devido tratamento, o inadequado descarte de resíduos sólidos, bem como a poluição de fontes pontuais ou difusas (LIMA et al., 2016), que comprometem ainda mais a capacidade de depuração dos corpos d'água. A contaminação hídrica é um dos principais problemas ambientais enfrentados pela população, estando diretamente ligada à perda das condições de saúde dos indivíduos, especialmente os dos grupos mais vulneráveis (PAIVA e SOUZA, 2018). Dessa maneira, a perda da qualidade de água tem grande impacto na saúde pública, razão pela qual a manutenção dos padrões de qualidade ambiental é essencial para o equilíbrio e o funcionamento adequado dos ecossistemas.

Portanto, é fundamental que os componentes ambientais e suas concepções sistêmicas devam ser compreendidos de forma integrada para a gestão de bacias hidrográficas (CARVALHO, 2014). Conforme Porto (2002), uma das principais vantagens em utilizar metas de qualidade da água como instrumento de gestão está em colocar o foco da gestão da qualidade da água sobre os problemas específicos a serem resolvidos na bacia, tanto no que se refere aos impactos causados pela poluição, quanto aos usos que possam vir a ser planejados. Assim, estabelece-se uma visão de conjunto dos problemas da bacia e não uma visão isolada que leve a soluções apenas locais (ANA, 2005).

Tundisi et al. (2008) ressaltam que o conhecimento da qualidade das águas dos rios, do uso e da ocupação de suas bacias hidrográficas se faz necessário inclusive para traçar estratégias de planejamento e gestão, projetando cenários futuros como o aumento da demanda de água e as mudanças na paisagem decorrentes do desenvolvimento da região. Além disso, a gestão integrada de recursos hídricos deve ter por base uma abordagem

participativa, envolvendo usuários, planejadores e formuladores de políticas em todos os níveis (SILVA et al., 2017).

O planejamento da gestão de uma bacia hidrográfica deve propor uma visão que inclua as políticas públicas, as soluções tecnológicas e de educação ambiental a fim de promover o enfrentamento das problemáticas ambientais, a otimização de recursos e a garantia dos usos múltiplos da água. No entanto, as leis brasileiras reconhecem a qualidade da água tendo em vista apenas o seu grau de potabilidade e balneabilidade, não considerando a integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos que constituem as bacias hidrográficas (CALLISTO et al., 2012).

A avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos foi realizada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) por longo período. As séries de dados disponibilizadas pela entidade apresentam representatividade temporal e distribuição espacial, desde a nascente até a foz e os pontos de monitoramento foram escolhidos segundo padrões de usos e ocupação do solo. A partir de 2005, a frequência de amostragem passou a ser bimestral, e as coletas prosseguiram até outubro de 2011, quando foram interrompidas (FEPAM, 2017).

A partir disso, a série de dados do monitoramento do Índice de Qualidade de Água (IQA) restou prejudicada. Contudo, para que não houvesse ausência total de dados, ficou a cargo dos empreendimentos licenciados na bacia hidrográfica e que possuíam lançamento de efluentes no Rio dos Sinos a realização do monitoramento à montante e à jusante dos pontos de lançamento dos seus efluentes, conforme planos de monitoramento exigidos e aprovados pelas Secretarias Municipais de Meio Ambiente, as quais tinham convênio de delegação de competência assinado com a FEPAM.

De acordo com Nascimento et al. (2015), em estudo que monitorou compostos orgânicos, metais e coliformes em cinco pontos de captação de água bruta ao longo do Rio dos Sinos, foi demonstrado que o principal contribuinte de poluição ambiental na bacia são os despejos de esgoto sanitário *in natura* no corpo hídrico. Segundo os autores, essa degradação da qualidade torna o Rio dos Sinos, em determinados pontos como nos municípios de Campo Bom e Esteio, impróprio para o uso de captação e abastecimento humano, pois as amostras analisadas foram enquadradas como Classe 4, segundo a Resolução CONAMA nº 357, de 2005 (BRASIL, 2005). Ainda conforme os autores, a qualidade de água no Rio dos Sinos e a busca por soluções que venham a reduzir os impactos na bacia têm sido discutidas tanto nas plenárias do Comitesinos como no Consórcio Pró-Sinos, entretanto apenas a geração de

resultados das análises físico-químico e biológicas não é suficiente para a tomada de decisão, sendo necessária também a definição das vazões de referência para a bacia.

O Comitê de Gerenciamento das Águas do Rio dos Sinos foi criado pelo Decreto Estadual nº 32.774 de 1988, sendo o primeiro comitê de bacia do Brasil e de expressiva mobilização social e ambiental. Segundo o Plano de Bacia Sinos (COMITESINOS, 2014), estão previstas ações de longo prazo, dentro do programa de monitoramento qualitativo, como o aperfeiçoamento do conhecimento sobre as condições das águas superficiais da Bacia, por meio da ampliação da rede de monitoramento fluviométrico e de qualidade, bem como do acompanhamento das metas de enquadramento. Entre as recomendações do plano de bacia aprovado em 2014 pelo Comitesinos, encontra-se ainda a necessidade de formalização de intercâmbio de informações entre os órgãos gestores da bacia e as operadoras do sistema de abastecimento público presentes na bacia hidrográfica.

Logo, é premente o estabelecimento de uma rede integrada de monitoramento entre os entes atuantes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, onde se faz necessário realizar o levantamento das informações sobre qualidade, vazões outorgadas, vazões de referência por trecho e rede de medição automática em funcionamento. O desafio desta pesquisa foi, a partir de dados de monitoramento sistemático, disponibilizar informações ambientais *online*, considerando a heterogeneidade de conhecimento acerca do monitoramento da qualidade de água dos usuários da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Tendo em vista o contexto inicialmente exposto, estabeleceu-se como objetivo geral a proposição de um sistema de acompanhamento integrado dos dados de monitoramento de qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e foram determinados como objetivos específicos: a) realizar o levantamento das informações sobre monitoramentos hidrológicos e de qualidade executados pelas diferentes instituições atuantes na bacia hidrográfica; b) estabelecer um mecanismo de atualização das informações das fontes supracitadas em uma plataforma única para facilitar o acesso ao banco de dados; c) realizar a divulgação dos dados de qualidade em uma página *web* com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para acesso às informações do Rio dos Sinos.

Para tanto, primeiramente foi efetuado o levantamento das informações sobre monitoramentos hidrológicos e de qualidade realizados pelas diferentes instituições atuantes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, como a Agência Nacional de Águas (ANA), o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), a Companhia de

Pesquisa de Recursos Mineralógicos (CPRM), o Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (DRH), a FEPAM e os Serviços de Saneamento.

Tendo-se efetuado o levantamento dos dados por meio de consultas às páginas eletrônicas oficiais das entidades, entrevistas com os coordenadores e operadores dos sistemas e obtenção de resultados de análises realizadas desde o ano de 2017, foi buscado o estabelecimento de um mecanismo de atualização das informações das fontes supracitadas em uma plataforma única para facilitar o acesso ao banco de dados. Então, por meio de trabalho conjunto com o curso tecnológico de Sistemas para Internet do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Porto Alegre, realizou-se o desenvolvimento de uma página *web* para divulgação dos dados de qualidade com auxílio de SIGs, para acesso às informações da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Dada a contextualização introdutória nesta primeira parte, no Capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica, na qual são abordados os conceitos de bacia hidrográfica e de qualidade de água. Também são fornecidas informações sobre as redes de monitoramento hidrológico no país e na bacia do Rio dos Sinos, sistemas de bancos de dados e de sistemas de informações geográficas.

No Capítulo 3, descreve-se o material e os métodos utilizados para execução desta pesquisa. Delimita-se a área de estudo, assim como os recursos para a busca de dados e os processos utilizados para a construção do banco de dados e da plataforma *online*.

No Capítulo 4, procede-se à análise e à discussão dos resultados obtidos com a estruturação dos dados do monitoramento da FEPAM, assim como da aplicação do sistema *online*. No Capítulo final, é feita a conclusão geral a respeito das propostas desta dissertação e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, faz-se uma breve revisão bibliográfica, abordando os temas mais pertinentes ao trabalho realizado. Primeiramente, apresenta-se uma visão geral dos conceitos de bacia hidrográfica e sua aplicação como unidade de gestão e planejamento. A seguir, procede-se a uma revisão sobre os aspectos da qualidade de água e os parâmetros básicos de monitoramento como ferramentas na avaliação ambiental. Também é feita uma abordagem específica sobre a Rede Hidrológica Nacional, sobre o Sistema HidroWeb e sobre aplicações de sistemas de informação em bacias hidrográficas brasileiras. Ao final do capítulo, revisam-se os aspectos ambientais do Rio dos Sinos e como é realizado o monitoramento qualitativo na bacia.

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Nos termos da Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

De acordo com Silveira (2004), bacia hidrográfica pode ser definida como uma área topográfica, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, de modo que toda vazão efluente oriunda da captação natural de água da precipitação seja descarregada por meio de uma simples saída, o exutório. Essa saída é delimitada por um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA, 2001).

Assim, a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema físico sujeito a entradas de água (eventos de precipitação) que geram saídas de água (escoamento e evapotranspiração), transformando uma entrada concentrada no tempo em uma saída relativamente distribuída do tempo (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

Para Santana (2003), bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Pode-se considerar, geralmente, que sub-

bacias compreendem áreas entre 200 km² e 700 km² e microbacias áreas inferiores a 200 km² (MARTINS et al., 2005, TEODORO et al., 2007).

Destaca-se o trabalho realizado por Teodoro et al. (2007), considerando os diversos conceitos de bacia hidrográfica e suas subdivisões. Assim, o conceito de microbacia pode ser adotado como escala de referência e como a menor unidade de um ecossistema, proporcionando uma melhor observação da relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos (MOSCA, 2003; TEODORO et al., 2007).

Neste mesmo estudo, os autores destacam o conceito definido por Leonardo (2003), que considera microbacia hidrográfica um elemento de análise singular, pois representaria o elo entre a microescala de verificação, monitoramento e intervenção, e a macroescala correspondente à paisagem e região da bacia hidrográfica. Isso permite compreender a relação sistêmica entre as ações antrópicas e o ecossistema da microbacia (TEODORO et al., 2007).

2.1.1 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão

Uma ferramenta importante na concepção da bacia como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos é a Lei Federal n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que estabeleceu a PNRH. Os fundamentos propostos na lei indicam a base para a elaboração do sistema de gestão, quais sejam: (I) a água é um bem de domínio público; (II) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; (III) em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; (IV) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; (V) a bacia hidrográfica e a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; (VI) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

A referida lei ainda define instrumentos desejáveis e necessários para a adequada gestão dos recursos hídricos, os mesmos são apresentados a seguir: “(I) 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; (VI) - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997).

Segundo Libanio (2016), instrumentos de comando e controle têm sido preferencialmente adotados na tentativa de evitar a degradação ambiental, porém com poucos

resultados positivos alcançados até o momento. De fato, ações coercitivas e punitivas têm sido pouco eficazes para solucionar problemas complexos como o da poluição hídrica difusa, haja vista as dificuldades para localização das fontes de poluição e estabelecimento de relações de causa e efeito que levem à identificação objetiva de responsabilidades (LIBANIO, 2016). Sendo assim, com o arcabouço legal estabelecido pela PNRH, é necessária uma abordagem mais ampla, baseada principalmente em ações de planejamento (enquadramento, planos de bacia) e de instrumentos econômicos.

Nesse caso, a bacia como unidade de planejamento e gerenciamento propõe uma visão abrangente, incluindo em seu programa as políticas públicas, tecnológicas e de educação, a fim de promover a solução de problemas, a otimização de recursos e a garantia dos usos múltiplos da água, de maneira a garantir a participação de usuários, autoridades, técnicos, poder público e organizações interessadas pelo tema (NASCIMENTO, 2008). Com o mesmo entendimento, Carvalho (2014) considera que a água deve ser gerida considerando suas estreitas inter-relações com os outros componentes do meio (solos, vegetação, relevo) e da ação antrópica, que altera as condições de funcionamento dos sistemas naturais, produzindo mudanças que podem afetar diretamente a qualidade e quantidade de água disponível.

Tais apontamentos, corroboram o fato de que a gestão dos recursos hídricos deve contemplar um conjunto de ações e medidas destinadas a regularizar o uso, o manejo e a proteção dos corpos d'água. Nesse sentido, é válido ressaltar que, para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, é necessária a integração de projetos e atividades que visem avaliar e promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (AMÉRICO-PINHEIRO et al., 2016).

Entretanto, apesar de o Estado do Rio Grande do Sul estar presente na vanguarda da estruturação das leis ambientais, na implantação dos comitês de bacia hidrográfica e na criação dos órgãos representantes do poder público nas instâncias ambientais, observa-se ainda a necessidade de incremento da efetiva consolidação e implantação do Plano Estadual de Recursos Hídricos (MACEDO, 2010).

2.2 QUALIDADE DE ÁGUA

A água, por ser o solvente universal de grande parte das substâncias, acaba por modificá-las e ser modificada por elas. Assim, devido a essa capacidade de dissolução, as águas superficiais e subterrâneas possuem características diferenciadas advindas das especificidades do solo da bacia hidrográfica a que pertencem.

Como consequência, o corpo d'água, rio ou lago sempre inclui a bacia hidrográfica que, por sua vez imprimir-lhe-á muitas das suas características no que tange à geologia, à pedologia, à morfologia, à hidrologia, à vegetação, ao clima predominante e, principalmente, às atividades antrópicas nela desenvolvidas (LIBÂNIO, 2010).

A qualidade de água não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas às características químicas, físicas e biológicas que condicionam as suas diferentes finalidades de uso (OLIVEIRA, 2013). Em outras palavras, Branco (2003) afirma que a água — por apresentar grande capacidade de dissolver, dispensar e transportar substâncias — é o veículo natural de resíduos, despejos líquidos e transporte de sedimentos, tais substâncias são geradas pelas atividades antrópicas ou pelas interações com o meio terrestre. Essas funções contribuem para a importância de estudos e monitoramentos em áreas com potencial poluidor, visando à conservação dos recursos hídricos e à manutenção qualitativa e quantitativa da água.

De acordo com Mathiessen et al. (2014), a qualidade da água pode ser definida como a variação de um conjunto de parâmetros intrínsecos que pode limitar seu uso e ser extremamente variável, tanto em tempo quanto em espaço. Dessa maneira, monitoramentos de rotina são necessários para que se possa detectar padrões de variação espacial e alterações ao longo do tempo.

Segundo a PNRH (art. 2º, Cap. II), deve-se “assegurar a atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997). Nesse sentido, a Resolução nº 357/2005 do CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, além de dar outras providências (BRASIL, 2005). Por meio dessa resolução, as águas doces, salobras e salinas do país são classificadas em 13 classes de qualidade, sendo cinco classes para água doce, quatro classes para água salobra e quatro classes para águas salinas.

Os usos preponderantes previstos nas classes de enquadramento são: abastecimento para consumo humano; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação (UCs) de proteção integral; preservação das comunidades aquáticas, inclusive em terras indígenas; recreação de contato primário ou secundário; irrigação; aquicultura e pesca; dessedentação de animais; navegação; harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

Ainda, conforme esta resolução, para a qualidade requerida aos usos preponderantes, estabeleceu-se limites individuais para cada substância em cada classe. A resolução define, ainda, que efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água depois de devido tratamento e obedecendo a condições, padrões e exigências. No caso das águas doces, os usos são definidos por classes: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 – Usos das Classes de Água Doce.

USOS DAS ÁGUAS DOCES	ESPECIAL	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Classe mandatória em UCs de proteção integral				
Proteção das comunidades aquáticas		Classe mandatória em terras indígenas			
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento para consumo humano	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Irrigação		Hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção da película	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais					
Navegação					
Harmonia paisagística					

Fonte: Adaptado do PNQA – ANA. Resolução CONAMA 357/2005. Elaborado pela autora.

Conforme observado na tabela, o uso destinado ao abastecimento para consumo humano, somente é permitido a captação em mananciais enquadrados até a Classe 3 e apenas após tratamento convencional ou avançado (BRASIL, 2005). Contudo, essa não é a realidade

observada nos centros urbanos da região metropolitana de Porto Alegre, por exemplo, quanto ao enquadramento do Rio Gravataí e do próprio Rio dos Sinos.

Mesmo diante de toda a fundamentação legal, a qualidade das águas no Brasil vem piorando devido ao aumento da população e à ausência de políticas públicas voltadas para a sua preservação (MERTEN; MINELLA, 2002). Essa situação reflete o fato de que o comprometimento da qualidade da água decorre da poluição causada por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, por exemplo, constituídos por contaminantes orgânicos, nutrientes e microrganismos, muitas vezes patogênicos (MERTEN, MINELLA, 2002). No Rio Grande do Sul, um exemplo disso é o Rio dos Sinos, situado na região metropolitana e que tem registros frequentes de mortandade de peixes nos trechos onde ocorrem lançamentos de efluentes industriais (FEPAM, 2007).

Diante desse quadro, surgem muitos episódios de poluição excessiva das águas, e consequente impacto ambiental associado; logo, a demanda por monitoramento não está ligada aos benefícios que a água pode trazer, mas sim aos efeitos adversos da sua má utilização (SILVA, 2018). Entretanto, conforme Di Blasi et al. (2013), à medida que foram evoluindo as políticas de meio ambiente, planejou-se também a utilização de sistemas de monitoramento como ferramentas para prevenção de danos ambientais e como estratégias para a minimização de riscos potenciais de poluição.

2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Os padrões de qualidade da água são estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357, na qual estão dispostos os enquadramentos e classificações de corpos hídricos e padrões de lançamento de efluentes. Tais índices permitem a avaliação restrita das variáveis físico-químicas e bacteriológicas, consistindo na coleta de amostras em campo e posterior análise em laboratório (DIAS et al., 2014). Apesar de amplamente utilizada, essa metodologia apresenta desvantagens, principalmente quando se trata da água de ambientes lóticos, em virtude da dinâmica desses ambientes.

Conforme mencionado, as características físicas, químicas e biológicas das águas naturais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência da capacidade de dissolução de uma ampla gama de elementos e da capacidade de transporte de substâncias pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

Os parâmetros físicos retratam as características relacionadas principalmente às qualidades intrínsecas da água, ou seja, ser insípida, inodora e incolor. Incluem-se nesses

parâmetros a temperatura, a cor, a condutividade elétrica, a turbidez, os sólidos totais, o odor e o sabor, sendo que a maioria das variáveis está normalmente associada à presença de sólidos particulados, já o odor e sabor são influenciados por sólidos dissolvidos nos corpos d'água (OLIVEIRA, 2013). Os parâmetros químicos refletem as características referentes à presença de compostos químicos (orgânicos e inorgânicos) que influenciam a qualidade de água, como pH, alcalinidade, acidez, dureza, salinidade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total, compostos orgânicos, nitrogênio, fósforo e metais pesados (OLIVEIRA, 2013). Já os parâmetros biológicos referem-se aos diversos microrganismos presentes no ecossistema aquático e devem ser monitorados, pois refletem a transformação da matéria orgânica, na fixação de nutrientes e na depuração dos ambientes aquáticos, além de serem capazes de transmitir diversas doenças de veiculação hídrica (DANIEL et al., 2001).

2.3.1 Temperatura

A temperatura da água, em geral, indica a magnitude da energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor à massa líquida (LIBÂNIO, 2010). A temperatura exerce um efeito sobre as reações químicas e sobre a atividade biológica na água, sendo que a velocidade das reações duplica a cada acréscimo de 10°C na temperatura da água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

A alteração da temperatura das águas naturais decorre em especial da insolação e está influenciada significativamente pelo clima e latitude, e pelo lançamento de despejos industriais (LIBÂNIO, 2010). A temperatura também determina a concentração máxima de OD na água, ou seja, a concentração de saturação, do oxigênio, pelas trocas entre a superfície da água e a atmosfera (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

2.3.2 Turbidez

A turbidez refere-se à medição de partículas em suspensão presentes na água, como argila, silte, plâncton, microrganismos, matéria orgânica e inorgânica particuladas (LIBÂNIO, 2010). A medição da turbidez é obtida pela passagem de um feixe de luz por meio da amostra que pode inferir a concentração de partículas suspensas na água. Este é um importante parâmetro de monitoramento em vista da simplicidade, da rapidez e do baixo valor de custo de medição.

Segundo Libânio (2010), a turbidez nos corpos d'água do Brasil é particularmente alta em regiões com solos sujeitos à erosão, onde as precipitações podem carrear partículas de argila, silte, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. Assim, grande parte das águas de

rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, dos índices pluviométricos e do uso de práticas agrícolas. Turbidez em altas taxas podem reduzir o processo de fotossíntese da vegetação submersa e das algas, diminuindo a produção de OD (VON SPERLING, 2005).

2.3.3 Condutividade elétrica

A medição deste parâmetro está relacionada à quantidade de íons dissolvidos na água. Quando determinada, viabiliza uma estimativa rápida da concentração de íons em uma amostra. A condutividade elétrica é uma medida da capacidade de uma solução aquosa conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representando uma medida indireta da concentração de poluentes (MORTARI, SILVA, 2009). A condutividade elétrica da água é normalmente expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens por centímetro). Águas naturais geralmente apresentam valores de condutividade elétrica inferiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos d'água receptores de cargas altas de efluentes domésticos e industriais (LIBÂNIO, 2010).

2.3.4 pH

O pH representa a concentração de íons de hidrogênio, em uma relação de equilíbrio entre íons (H^+) e (OH^-), indicando acidez, neutralidade ou alcalinidade de um determinado recurso hídrico. O pH interfere no grau de solubilidade de diversas substâncias, e na intensidade da cor e distribuição dos compostos químicos (nas formas livres e ionizadas), influenciando assim o potencial tóxico de diversos elementos presentes no corpo hídrico (LIBÂNIO, 2010). A escala de medida do pH varia entre 0 e 14: valores inferiores a 6 indicam condições de acidez; valores próximos a 7, neutralidade; valores superiores a 8, alcalinidade.

As águas naturais de superfície apresentam pH variável de 6,0 a 8,5 – intervalo adequado para manutenção da vida aquática (LIBÂNIO, 2010). O pH da água também pode influenciar os valores de condutividade elétrica. Nas águas onde o pH situa-se em faixas extremas, abaixo de 5 ou acima de 9, as concentrações de íons podem representar em grande parte os valores da condutividade (ESTEVEZ, 2011).

As restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diferentes classes de águas naturais, e os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005). Este parâmetro, segundo Von Sperling (2005), é comumente utilizado na

caracterização de corpos d'água e apresenta diversos tipos de origem: natural, pela da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, ou oriundo de atividades antrópicas, como despejos domésticos e industriais.

2.3.5 Oxigênio dissolvido

As fontes de OD nos corpos d'água têm origem principalmente das trocas de gases atmosféricos e do processo de fotossíntese. Conforme Janzen et al. (2008), a quantidade de OD nos corpos d'água é um indicador primário da qualidade da água. Ou seja, quando cai abaixo de valores aceitáveis, a concentração de OD na água pode afetar negativamente a saúde do ecossistema aquático e impedir o uso da água para os diferentes fins.

A produção fotossintética e a reaeração atmosférica contribuem para o aumento da concentração de oxigênio na água, enquanto o consumo de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica e para a respiração realizada pelo ecossistema aquático colaboram com a diminuição da quantidade de OD na água. A concentração de OD nos cursos d'água depende de diversos fatores, como temperatura, pressão atmosférica, salinidade, atividades biológicas, características hidráulicas (existência de corredeiras ou cachoeiras) e, também, interferências antrópicas, como lançamento de efluentes nos cursos d'água.

Segundo Libânio (2010), a concentração de OD à saturação é diretamente proporcional à pressão atmosférica e inversamente proporcional à temperatura. A salinidade também exerce fator limitante à concentração de OD. As medições da concentração de OD são em mg/L. A Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) estipula que o valor mínimo de OD para a preservação da vida aquática é de 5,0 mg/L, apesar de existir uma variação da tolerância entre as espécies aquáticas.

Para a avaliação de degradação ambiental dos cursos de água, o principal parâmetro utilizado é a medição de OD, pois está intimamente relacionado com a condição aeróbia ou anaeróbia do meio. Em condições anaeróbias, são encontrados organismos específicos que conferem odor desagradável à água. Além disso, condições de autodepuração, ou seja, o processo de recuperação do OD, após o lançamento de efluentes, tem sido amplamente avaliada a partir do monitoramento do OD (LUZ, 2018).

2.4 MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA NO BRASIL E NO RIO GRANDE DOS SUL

De acordo com Mathiessen et al. (2014), a verificação da qualidade da água requer monitoramentos de rotina para que possa ser detectado seu padrão de variação espacial e suas

alterações ao longo do tempo. Assim, esse processo de levantamento de dados básicos é a etapa primeira e fundamental para que se possa “qualificar” as características de um ambiente.

De acordo com Macedo (2010), programas de monitoramento da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço, geram muitos dados analíticos que precisam ser transformados em um formato sintético para que descrevam e representem de forma compreensível e significativa o estado atual e as tendências de variação das características da água. Desse modo, podem ser utilizadas ferramentas gerenciais na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos.

O conjunto de parâmetros básicos, cujas variações temporais e espaciais podem indicar a ocorrência de poluição de natureza química e orgânica, são: OD, condutividade, pH, temperatura da água, turbidez, além da medição do nível da água (cota) e precipitação pluviométrica. Esses parâmetros básicos permitem a detecção de variações bruscas na qualidade da água, que, embora não forneçam informações precisas da natureza dessa poluição, podem desencadear ações imediatas, como aumento da frequência de coleta de amostras *in loco*, decisões sobre mudanças nas rotinas operacionais em estações de tratamento de água para abastecimento público ou antecipação de ações fiscalizatórias (MAGINA et al., 2009).

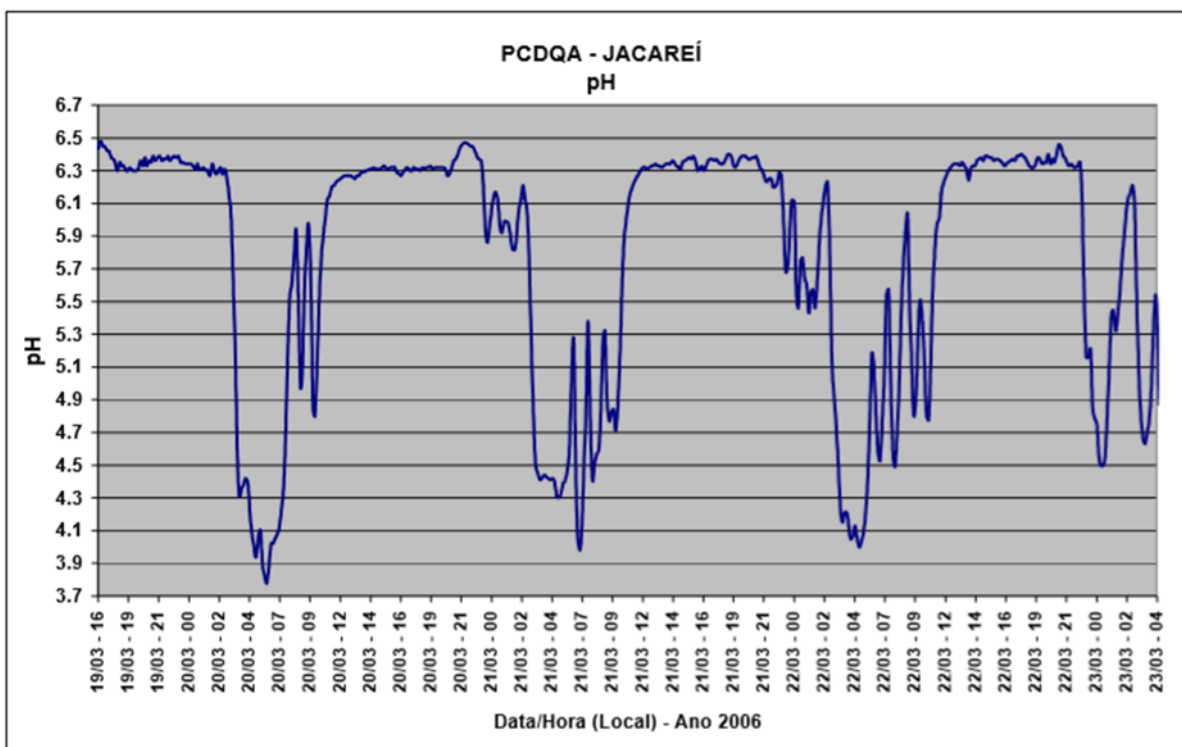


Figura 1 – Resultados do monitoramento do Rio Jacareí (março/2006). FONTE: MAGINA et al, (2009).

A Figura 1 traz como exemplo o monitoramento em tempo real realizado pela CETESB no Rio Jacareí, localizado na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, em março de

2006. Pode-se verificar no gráfico de resultados que as medições de pH no rio apresentaram valores em torno de 6,0–6,5 e que os menores valores de pH (acidez) foram detectados somente em períodos noturnos e matutinos. Essas quedas abruptas podem evidenciar lançamentos clandestinos de efluentes à montante do ponto de coleta de dados (MAGINA et al., 2009).

Segundo a ANA (2016), o monitoramento da qualidade da água no Brasil é realizado por uma variedade de órgãos estaduais de meio ambiente e recursos hídricos, companhias de saneamento e empresas do setor elétrico. Entretanto, os procedimentos de coleta, frequência de coleta e análise das informações não são padronizados. A rede de monitoramento brasileira distribuída nos estados aplica diferentes metodologias a campo e laboratório, bem como apresenta problemas de credibilidade devido a deficiências na qualificação dos aplicadores e laboratórios de análises, resultando na não confiabilidade de um grande conjunto de dados e prejudicando a análise comparativa (CLARKE; DIAS, 2003). Na Tabela 2, consta um apanhado das principais instituições responsáveis pelo monitoramento da água no Brasil e os respectivos setores atendidos:

Tabela 2 – Instituições federais que realizam monitoramento de recursos hídricos. Adaptado de Silva (2018).

Instituição	Dados monitorados	Principais setores de interesse
ANA – Agência Nacional de Águas	Hidrometeorológicos (pluviométricos, fluviométricos, sedimentométricos e dados de qualidade das águas).	Usos múltiplos da água.
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica	Hidrometeorológicos (pluviométricos, fluviométricos, sedimentométricos e dados de qualidade das águas).	Energia Hídrica
CPRM – Companhia de pesquisa de Recursos Minerais / MME	Vazão, nível e dados de qualidade águas superficiais e subterrâneas.	Usos múltiplos da água
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia	Dados meteorológicos.	Usos múltiplos.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Dados meteorológicos.	Previsão do tempo e clima.
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária	Dados meteorológicos.	Uso agrícola.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do vale do São Francisco	Dados climatológicos e fluviométricos. Monitoramento da qualidade das águas.	Uso agrícola e abastecimento doméstico.
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente.	Parâmetros de qualidade das águas.	Conservação da Biodiversidade.
CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais	Monitoramento hidrometeorológico.	Desastres naturais.

Entre os programas existentes no país, destaca-se o sistema de monitoramento operado pelo Instituto Nacional de Ecologia, desenvolvido juntamente com o Instituto Internacional de Ecologia (IIE). Consiste de três estações de monitoramento em tempo real localizadas nas represas Billings e Guarapiranga. O monitoramento em tempo real é uma técnica que agrega tecnologias como medições climatológicas, uso de sensores de alta qualidade para parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, capacidade de armazenamento de dados e transmissão dos resultados das medições por meio de telefonia celular (GPRS), satélite, rádio ou telemetria (HANISH, FREIRE-NORDI, 2015).

O sistema possui monitoramento meteorológico e uma sonda multiparâmetros com sensores de profundidade, pH, temperatura, OD, condutividade, turbidez e sólidos totais dissolvidos. Os dados são armazenados e transmitidos via GPRS para um servidor de internet e para um servidor de comunicação central, que têm a função de intermediar o tráfego de dados entre o servidor da internet e a rede de telefonia celular e disponibilizar as informações ao IIE, à DERSA e à CETESB (HANISCH, FREIRE-NORDI, 2015).



Figura 2 – Estação de Monitoramento Automática – CETESB, no Reservatório Águas Claras, Sistema Cantareira – SABESP. Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Outra experiência também relatada pelos autores (2015) é a da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP), que, no final dos anos 90, iniciou o monitoramento em tempo real dos reservatórios da região metropolitana de São Paulo (Figura 2).

De acordo com Silva (2018), a CETESB também tem mantido esforços para consolidar o Monitoramento da Qualidade de Água em Tempo Real (MQATR) na parte paulista da bacia do Rio Paraíba do Sul. Foram instalados em 2005, em convênio com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), três estações de monitoramento automático da qualidade da água no Paraíba do Sul. As estações mediam os parâmetros OD, condutividade, pH, temperatura da água, turbidez, além da medição do nível da água (cota) e precipitação pluviométrica.

As estações da rede de qualidade da água do Paraíba do Sul foram programadas para realizar leituras instantâneas dos sensores a cada 10 minutos e transmitir os dados para os satélites de coleta de dados do INPE, a cada três horas. Estas estações chegaram a ter sua aplicabilidade em um sistema de alerta avaliada, utilizando a plataforma Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (SISMADEN), e tinham como finalidade identificar alterações bruscas nos parâmetros de qualidade medidos (LOPES et al., 2011). Entretanto, a plataforma SISMADEN não está mais em operação desde 2011.

Quanto ao monitoramento de qualidade de água mantido pela CETESB, existe o sistema INFOÁGUAS (<https://servicos.cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>), no qual podem ser obtidos os relatórios de monitoramento da qualidade de água das estações operadas pela companhia. As consultas podem ser realizadas por unidade de bacia hidrográfica do Estado de São Paulo, por município ou por corpo hídrico. Além disso, podem ser selecionados os parâmetros de interesse e o período de análise. Após a geração do relatório de qualidade no sistema, os dados podem ser exportados para o Excel. No exemplo da Figura 3, foi selecionado a UGRHI Alto Tietê, município de Cotia e rio Cotia, que possui monitoramento desde 1978.

Menu	RELATÓRIO DE QUALIDADE						
Consultas	Pontos de Monitoramento e Qualidade das Águas Superficiais						
Consultas espaciais	Resultados dos Monitoramentos						
Relatórios	Parâmetro: Oxigênio Dissolvido			Período: 01/09/2011 a 01/09/2018			
Pontos de qualidade - REDE C	Unidade de Medida: mg/L						
Segurança	Código	Corpo Hídrico	UGRHI	Data	Sinal	Concentração	Monitoramento
Sair	COTI 03800	Rio Cotia	6	21/09/11		1,4000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	23/11/11		2,4000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	11/01/12		3,4000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	01/03/12		1,8000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	16/05/12		3,2000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	12/07/12		3,8000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	13/09/12		1,2000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	13/11/12		2,1700	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	07/01/13		3,3000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	11/03/13		3,8200	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	08/05/13		3,5600	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	18/07/13		4,1900	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	11/09/13		0,8700	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	18/11/13		2,9100	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	06/01/14		1,6800	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	13/03/14		3,3800	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	08/05/14		1,8700	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	07/07/14	<	0,2100	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	04/09/14		1,7200	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	26/11/14		0,6300	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	22/01/15		0,7300	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	26/03/15		2,3200	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	07/05/15		0,8200	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	14/07/15		2,4700	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	03/09/15		4,6200	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	10/11/15		4,3000	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	27/01/16		1,9300	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	02/03/16		4,7600	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	04/05/16		1,8800	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	12/07/16		3,9300	CETESB
	COTI 03800	Rio Cotia	6	15/09/16		2,7500	CETESB

Figura 3 – Imagem da composição do relatório gerado pelo sistema Infoaguas da CETESB. Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o relatório de qualidade acima, observa-se que o monitoramento para o parâmetro OD é bimestral, e que a maioria dos resultados do parâmetro não ultrapassaram o valor de 4 mg/L de O₂ no período considerado, ou seja, abaixo do limite para águas doces da Classe 3.

No Estado do Rio Grande do Sul, a entidade responsável pelo monitoramento da qualidade de água é a FEPAM, que iniciou a operação mensal em 1990 (FEPAM, 2017). Especialmente na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos foi articulada a Rede Integrada de Monitoramento do Rio dos Sinos – Comitesinos, que operou de 1990 a junho de 1996. Posteriormente, em janeiro de 2000, teve início a Rede Integrada do Pró-Guaíba, contando com a participação da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre (DMAE).

As coletas e análises eram realizadas pelo Departamento de Laboratório da FEPAM e os dados armazenados e interpretados pelo Departamento de Qualidade da FEPAM. Em 2005, a frequência de amostragem no Rio dos Sinos passou a ser bimestral. Para avaliação do Índice de Qualidade de Água (IQA) do Rio dos Sinos, foram realizadas coletas em 10 pontos de amostragem, e analisados os seguintes parâmetros: OD, DBO, coliformes termotolerantes e metais pesados, durante os anos de 1990 a 2011 (FEPAM, 2017). A Tabela 3, apresenta a descrição antiga dos pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos:

Tabela 3 – Antigos locais de monitoramento utilizados para avaliação da qualidade de água do rio dos Sinos – FEPAM (período 1990 -2006).

Ponto	Segmento	Distância da Foz do curso d'água (km)
SI 008	Baixo Sinos - Canoas	8
SI 019	Baixo Sinos - Sapucaia/Esteio	19
SI 028	Baixo Sinos - Portão/Estância Velha	28
SI 036	Baixo Sinos - Portão/Estância Velha	36
SI 038	Baixo Sinos - Portão/Estância Velha	38
SI 044	Baixo Sinos - Portão/Estância Velha	44
SI 048	Baixo Sinos - Novo Hamburgo	48
SI 055	Baixo Sinos - Novo Hamburgo	55
SI 056	Baixo Sinos - Novo Hamburgo	56
SI 066	Baixo Sinos - Sapiranga/Campo Bom	66
SI 067	Baixo Sinos - Sapiranga/Campo Bom	67
SI 096	Médio Sinos	96

SI 106	Médio Sinos	106
SI 119	Alto Rolante	119
SI 121	Alto Rolante	121
SI 165	Alto Sinos - Trecho Alto	165
SI 188	Alto Sinos - Trecho Alto	188

Fonte: Plano de Gerenciamento Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (COMITESINOS, 2014). Fonte: Elaborado pela autora.

Como se observa, há uma adequada distribuição espacial dos pontos ao longo do curso do rio, e a distância média entre eles ficava ao redor de 11 km. Os resultados das análises amostrados no Rio dos Sinos foram utilizados para os estudos de enquadramento da bacia hidrográfica (PROFILL, 2013).

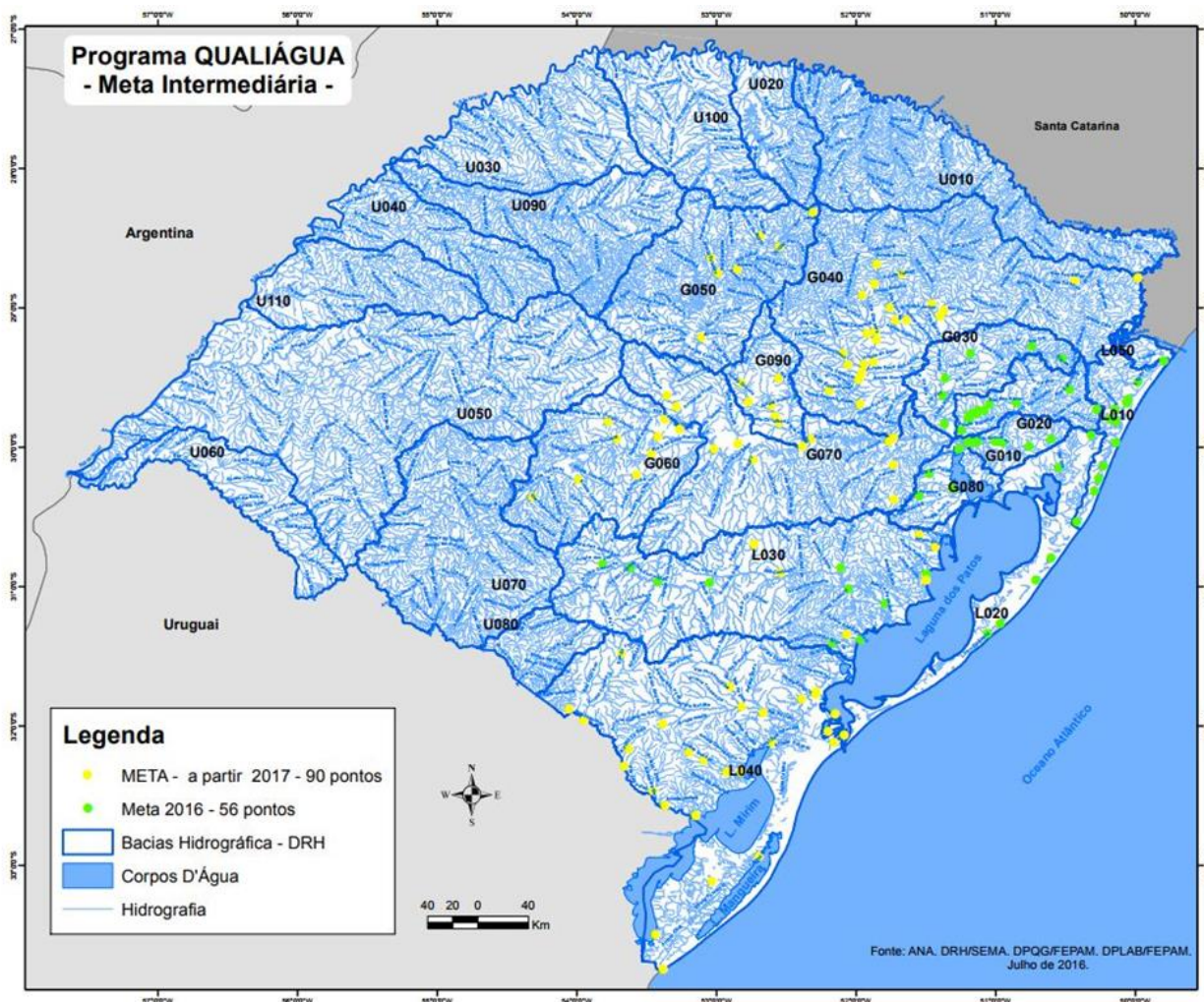


Figura 4 – Mapa das metas de expansão do programa Qualiágua no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: ANA, 2017.

Contudo, em resposta às lacunas metodológicas e estruturais das redes de monitoramento estaduais, foi lançada, em 2013, a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade de Águas (RNQA) no âmbito do Programa Nacional da Qualidade de Água (PNQA), que buscou, em articulação com as entidades operadoras das redes estaduais, a padronização de procedimentos de coleta e análise das amostras de qualidade de água, de forma a tornar os resultados confiáveis e sujeitos à comparação (ANA, 2016).

A FEPAM/RS, então, aderiu ao programa Qualiágua – ANA no ano de 2016, de acordo com as diretrizes estabelecidas na Resolução nº 903/2013 (ANA, 2013). Assim, foram retomadas as análises dos pontos cadastrados na bacia do Sinos (G020) e está se buscando a ampliação do número de pontos monitorados nas bacias hidrográficas do estado, pontos em amarelo da figura 4. Na medida em que a Agência fomenta a qualificação dos laboratórios e das equipes técnicas com equipamentos e treinamentos, a rede de monitoramento nacional se consolida e garante a confiabilidade dos resultados gerados.

2.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL

Com a implantação da PNRH pela Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997), ficou estabelecida, em suas diretrizes, a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, costeira e estuarina, e com a gestão dos solos. A política apresenta, ainda, as definições do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), citando-o como um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão (DIAS et al., 2014).

Sistemas de informações sobre recursos hídricos (SIRH) são essenciais para a obtenção de informações básicas e organizadas sobre águas superficiais, águas subterrâneas, dados hidrometeorológicos e qualidade das águas, leis, decretos e normas relacionados ao tema, informações institucionais, entre outras. Esses instrumentos permitem e facilitam o acesso a todos que necessitem de tais informações para o desenvolvimento de suas atividades (ANA, 2016a). Uma vez que a disseminação de informações confiáveis é determinante para auxiliar na tomada de decisões seguras e responsáveis por parte das organizações civis, dos usuários e do poder público, os SIRH tornam-se imprescindíveis para compor um modelo de gestão descentralizado e baseado na participação de toda a sociedade (DIAS et al., 2014).

Acerca do histórico do monitoramento hidrometeorológico no Brasil, no início do século XX, foram realizados os primeiros registros de estações hidrometeorológicas instaladas por entidades governamentais, como o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

(DNOCS) e o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (ANA, 2007). Entidades regionais também desenvolveram sistemas espacialmente restritos às suas áreas de atuação, como foi o caso da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

As primeiras bacias estudadas foram as dos Rios São Francisco, Paraná e Paraíba do Sul, iniciando-se com os levantamentos topográficos, para identificar as quedas d'águas existentes. Dada a importância desses rios não só para os aproveitamentos hidrelétricos, mas também para o abastecimento público, deu-se continuidade aos estudos, visando à possibilidade de seus múltiplos usos (ANA, 2007).

Buscando aumentar as pesquisas e aprofundar as investigações para localizar as fontes de energia hidráulica no território brasileiro, foi criada a Diretoria das Águas do Instituto Geológico e Mineralógico do Brasil (em 1933), passando, logo em seguida, a atividade de hidrologia para o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), em 1934, no mesmo ano da edição do Código de Águas (ANA, 2016a). O Código de Águas se tornou um instrumento fundamental para o desenvolvimento do setor elétrico nacional, seja para o estudo dos aproveitamentos dos potenciais hidráulicos, seja para a hidrometria.

Em 1960, foi criado o Ministério das Minas e Energia (MME), que incorporou, na sua estrutura, todos os órgãos do DNPM, inclusive a Divisão de Águas. Mais tarde, essa divisão se transformou no Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE), que, por sua vez, em 1968, foi transformado no Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), continuando com as atribuições ligadas à hidrologia. O antigo DNAEE foi o responsável, por décadas, pela administração de um sistema de informações hidrológicas que permitiu o desenvolvimento da maioria dos estudos hidrológicos executados no Brasil (ANA, 2016a).

Em 1996, as atividades de hidrologia e a administração da rede hidrométrica nacional foram transferidas para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), bem como a responsabilidade de cumprir e fazer cumprir o Código de Águas, atividades essas exercidas, até então, pelo DNAEE.

Em 2000, foi criada a ANA, por meio da Lei nº 9.984, que passou a ser o ente responsável pelo disciplinamento normativo na implementação, na operacionalização, no controle e na avaliação dos instrumentos da política nacional e atual responsável pela Rede Hidrometeorológica Nacional, assim como pela organização, implementação e gerenciamento do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Essa rede nacional é dividida em:

- i) básica, com estações instaladas em caráter permanente com o objetivo do levantamento das informações necessárias ao desenvolvimento de projetos e estudos relacionados aos recursos hídricos;
- ii) específica, com estações instaladas em caráter permanente ou provisório para atendimento de interesses estratégicos ou de algum usuário (navegação, irrigação, energia, etc.).

A ANA realiza o monitoramento hidrometeorológico no País, operando cerca de 4.543 estações de monitoramento, o que possibilita mensurar o volume de chuvas, a evaporação da água, o nível e a vazão dos rios, a quantidade de sedimentos e a qualidade das águas nas estações pluviométricas, evaporimétricas, fluviométricas, sedimentométricas e de qualidade da água. A agência disponibiliza as informações oriundas desse monitoramento no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb e no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2017).

Assim, a Rede Hidrometeorológica Nacional monitora cerca de 2.176 dos 12.963 mil rios brasileiros cadastrados no HidroWeb, inclusive os fronteiraços e transfronteiraços. Os dados coletados por essa malha de estações são utilizados para produzir estudos, definir políticas públicas, avaliar a disponibilidade hídrica. Por meio deles, a ANA monitora eventos considerados críticos, como cheias e estiagens, disponibiliza informações para a execução de projetos pela sociedade, identifica o potencial energético, de navegação ou de lazer em um determinado ponto ou ao longo da calha do manancial, levanta as condições dos corpos d'água para atender a projetos de irrigação ou de abastecimento público, entre outros. A ANA também se fundamenta nessas informações para conceder a outorga pelo uso dos recursos hídricos federais e assim realizar a gestão de recursos hídricos e o planejamento por bacias no âmbito nacional (ANA, 2017).

As estações de monitoramento da rede estão estrategicamente localizadas nas várias bacias hidrográficas brasileiras e são operadas por entidades parceiras e de capacidade reconhecida, como a CPRM, o CEMADEN, a CETESB, a FEPAM/RS, as quais realizam o monitoramento por meio de contrato com a ANA, pela adesão ao Programa Qualiágua (ANA, 2017a).

Quanto à rede de monitoramento da qualidade da água do Programa Qualiágua – ANA, a periodicidade de coleta de amostras da maior parte dessas estações é trimestral, sendo avaliados nas campanhas cinco parâmetros, a saber: pH, turbidez, condutividade elétrica, temperatura e OD, além da determinação de vazão. Algumas redes monitoram ainda diversos outros parâmetros, tais como DBO, coliformes fecais, sólidos em suspensão (ANA, 2016a).

A RNQA tem como objetivos:

- permitir a análise da tendência de evolução da qualidade das águas superficiais no País;
- avaliar se a qualidade atual atende aos usos estabelecidos pelo enquadramento dos corpos d'água;
 - identificar áreas críticas com relação à poluição hídrica;
 - aferir a efetividade da gestão sobre as ações de recuperação da qualidade da água;
 - apoiar as ações de planejamento, outorga e fiscalização.

O HidroWeb é uma aplicação de banco de dados que armazena e processa dados oriundos do monitoramento hidrológico e meteorológico do País, o que inclui o levantamento de informações sobre chuva, vazão, evaporação, perfil do rio, qualidade da água e sedimentos (ANA, 2017b).

Para a população em geral, esses dados ficam disponíveis no portal Hidroweb que possibilita ao usuário visualizar e fazer o *download* das estações de interesse. Entretanto, quanto às informações de qualidade de água medidos (turbidez, pH, condutividade elétrica e OD), as mesmas são apresentadas com um lapso temporal de três meses, ou seja, em muitos casos se apresenta defasada em relação a condição atual, perdendo assim, importantes informações que retratam as características do rio monitorado (VESPUCCI, 2016).

Pode-se auferir que a utilização do monitoramento como ferramenta de controle de lançamentos no âmbito da gestão da qualidade das águas necessita de uma frequência temporal maior e de uma transmissão rápida da informação, para que o tempo de tomada de decisão seja suficiente para interromper processos potencialmente danosos ao meio ambiente (SILVA, 2018).

2.6 SISTEMAS DE BANCO DE DADOS E DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Considerando que a bacia hidrográfica é a unidade preferencial para a atuação do SINGREH, os sistemas de informação devem envolver uma quantidade enorme de dados e informações relacionados a aspectos hidrológicos, geológicos, ambientais, sociais e políticos inerentes àquele espaço delimitado — a bacia —, que influenciam e são influenciados mutuamente. Portanto, a utilização de informações georreferenciadas é indispensável; para tanto, são utilizados os SIGs (ANA, 2016a). Os SIGs são ferramentas que permitem atrelar vários tipos de informação à sua distribuição espacial (geográfica) com o objetivo de auxiliar na análise e compreensão de diversos fenômenos, que podem ser ambientais, socioeconômicos, hidrológicos, entre muitos outros.

De acordo com Magalhães Júnior (2000), o monitoramento da qualidade da água deve ser visto como um processo essencial à implantação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamento das medidas efetivas, atualização do banco de dados e das decisões. Esse autor afirma a importância de se ter um banco de dados como instrumento de gestão, sob pena de tentar gerenciar o que não se conhece (SILVA, 2018).

Um banco de dados, segundo Esmalri e Navathe (2010), é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente, projetado para atender uma proposta específica a determinado grupo de usuários. Para organização dos dados, utiliza-se um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), que é um conjunto de programas (*softwares*), os quais facilitam os processos de definição (tipos de dados), construção (armazenamento em mídia), manipulação (funções de pesquisa e atualização) e compartilhamento de bancos de dados entre vários usuários e aplicações, assim como a manutenção dessas informações por longo período (ELMASRI; NAVATHE, 2010).

O antigo portal HidroWeb era uma aplicação de banco de dados do tipo cliente/servidor projetada especificamente para o ambiente gráfico Windows 32 bits (95/98/Me/NT4/2000/XP/Vista). Seu principal objetivo era permitir o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológicos, armazenados e centralizados em um banco de dados relacional (ANA, 2017c). Um banco de dados relacional é um modelo formal de armazenamento de dados, baseado na teoria matemática das relações. Armazena dados em tabelas, que são organizadas em colunas, e cada coluna se refere, ou seja, se relaciona, a um tipo de dados ou atributos, como valores, números reais, datas etc. (YANAGA, 2012).

Silva et al. (2013) explanam sobre as funcionalidades da atualização do HidroWeb, razão pela qual, a partir de 2012, se tornou possível executar novas funcionalidades. Através do novo aplicativo, selecionam-se as informações das estações de interesse, pelos tipos de dados requeridos (como chuva, vazão cota etc.), bem como é permitido se fazer download dos dados hidrológicos nos formatos texto (txt) e *Access* (mbd). Quanto aos arquivos no formato *Access*, podem ser importados pelo SOFTWARE HIDRO Desktop, de modo a executar diversas funções de análise dos dados. Os autores destacam que, apesar de as arquiteturas tecnológicas desses aplicativos terem sido desenvolvidas antes da concepção e definição do SNIRH, elas não seguem os padrões e a arquitetura computacional definida, referente a banco de dados, apresentação de dados e à forma de interação com o usuário, entre outros (SILVA et al., 2013).

O extinto sistema SISMA DEN utilizava uma base de dados geográficos para a troca, gerenciamento e análise de informações. Os dados da base eram armazenados no formato padrão *TerraLib* e incluíam dados hidrometeorológicos, planos de risco e planos de informação adicionais necessários para a execução das análises e definição de alertas. Atualmente existe uma plataforma computacional, denominada *TerraMA²* (INPE, 2018), que provê serviços para busca de dados atuais através da internet e sua incorporação à base de dados do sistema de alerta; serviços para tratar/analisar em tempo real dados novos e verificar se uma situação de risco existe, através de uma comparação com mapas de risco ou de um modelo definido; serviços para executar/editar/criar novos modelos de risco e alerta; serviços para criação e notificação de alerta para os usuários do sistema em operação entre outros serviços básicos e avançados (INPE, 2018).

A plataforma *TerraMA²* é utilizada também no Sistema de Monitoramento e Alerta a Desastres – SMAD, do Rio Grande do Sul, que é um projeto de implantação de monitoramento e alerta de desastres para a Defesa Civil e órgãos competentes na gestão de risco, além de realizar o monitoramento com vistas à gestão ambiental dos recursos naturais (SMAD, 2018). A implantação da Sala de Situação do DRH-SEMA/RS precedeu a criação do SMAD. A Sala de Situação se propõe a monitorar os desastres naturais que tenham impacto sobre a sociedade, principalmente os de origem hídrica e que são importantes às ações de gestão de risco, por meio da divulgação de boletins de previsão hidrológica e do controle dos níveis dos principais rios principais que apresentam problemas causados por inundação e estiagem (SMAD, 2018).

O Portal de Metadados Geoespaciais da ANA integra a estrutura do SNIRH e foi criado para organizar informações detalhadas alusivas a dados geoespaciais produzidos e utilizados pela Agência, visando ao registro padronizado e permanente, e à disseminação e acessibilidade destes dados por meio da internet (ANA, 2016a).

O portal foi construído a partir da customização do aplicativo de código livre “Geonetwork”, seguindo as recomendações do Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil, homologado pela Comissão Nacional de Cartografia e parte integrante da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). No portal, é possível encontrar amplas informações sobre dados georreferenciados, tais como localização, coordenadas, escala, finalidade etc. O portal também permite acesso a dados em formato vetorial e matricial. Exclusivamente para os dados produzidos pela Agência Nacional de Águas, é possível baixá-los diretamente pelo portal. Para os demais, há o direcionamento para a página na internet de origem da informação.

Atualmente, o portal dispõe de metadados cadastrados para aproximadamente 170 dados produzidos ou utilizados pelos sistemas da ANA, organizados segundo as categorias temáticas do SNIRH, como balanço hídrico, quantidade, qualidade e usos da água. Entre esses, 70 compõem o módulo de Inteligência Geográfica (IG) do SNIRH.

Já o Sistema para Análise de Dados Hidrológicos (SiADH) é um aplicativo desenvolvido pela ANA que tem como objetivos principais facilitar e padronizar as análises de consistência de dados fluviométricos. A principal funcionalidade do sistema é a exportação automática de vários gráficos e tabelas em formato de imagens, facilitando as análises de vazões e cotas e permitindo ao usuário a identificação de inconsistências e possíveis incoerências nos dados hidrológicos armazenados em banco de dados (LOPES et al., 2013).

Dessa forma, o SINGREH, conforme previsto na PNQA, deve ter como insumos: dados hidrológicos, hidrogeológicos e de qualidade da água, devidamente validados, sistematizados e interpretados; informações e cadastros de usos, usuários de recursos hídricos e dados sobre as outorgas concedidas; informações sobre os meios físico, biótico e socioeconômico (geomorfologia, geologia, atividades de produção e consumo, uso e ocupação do solo, biomas e dados ambientais, infraestrutura instalada, fontes de poluição pontuais e difusas, dentre outras) das bacias hidrográficas; leis e normas referentes à política de recursos hídricos, para que haja uma boa gestão dos recursos hídricos (ANA, 2016a).

Nesse contexto, as geotecnologias desempenham um papel essencial para as pesquisas que pretendem compreender e demonstrar a dinâmica espacial e temporal em projetos ambientais. De acordo com estudo realizado por Lange et al. (2016), na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, onde foram utilizados *softwares* gratuitos de geoprocessamento e SIG, a análise integrada permitiu a ação na gestão territorial da bacia.

Dias et al. (2014) também exemplificam a aplicação de tecnologias livres de geoprocessamento e SIG na gestão dos recursos hídricos. A metodologia utilizada pelo Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) para estruturação e inter-relação de dados e informações geradas pelos instrumentos de gestão territorial/ambiental foi baseada no método do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM). No caso do desenvolvimento de sistemas no CIH, utilizaram-se tecnologias livres de soluções já existentes e consolidadas, entre as quais *PostgreSQL* com *PostGIS* (banco de dados com extensão geográfica), *JavaServer Faces* (conjunto de funcionalidades para aplicações Java na web), *OpenLayers* (biblioteca para visualização e manipulação de mapas), *GeoTools* (biblioteca desenvolvida em Java para manipulação de dados geográficos) e *Geoserver* (servidor de mapas web).

2.7 RIO DOS SINOS

O Rio dos Sinos¹, até a década de 30 ou 40, apresentava boas condições de balneabilidade e até mesmo de potabilidade, que posteriormente foram se deteriorando em virtude do crescimento populacional e da instalação de indústrias que lançavam seus rejeitos e esgotos no rio ou em banhados adjacentes (BECKER, 1995).

Conforme o Atlas Ambiental de São Leopoldo (SEMMAM, 2012), a bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, pode ser dividida em três compartimentos distintos: Alto Sinos, Médio Sinos e Baixo Sinos.

O Alto Sinos compreende uma região de rochas basálticas de diferentes constituições. Predominam as formas de platôs da serra, encostas abruptas e inúmeras quedas d'água. A cobertura vegetal é exuberante, com vestígios de mata atlântica, mata de araucárias e de turfeiras. Próximo às nascentes, encontram-se as culturas dos povos guarani e alguns núcleos de colonização alemã, mas na região predominam descendentes de imigração italiana. A vocação econômica é principalmente agropecuária, com cultivo de fumo, milho e hortaliças. Quanto aos impactos ambientais, observam-se desmatamentos e poluição desencadeados (contaminação dos cursos d'água e deposição de resíduos sólidos). Os municípios dessa região são Canela, Caraá, Dois Irmãos, Santa Maria do Herval, Santo Antônio da Patrulha e São Francisco de Paula.

O Médio Sinos é uma região de rochas sedimentares (arenitos e depósitos de sedimentos nas margens dos rios e arroios). Predominam matas, campos de pastagens e arrozais. A população é de origem alemã e polonesa, e dedica-se principalmente às atividades de agropecuária (lavouras de arroz e pastagens), além da indústria coureiro-calçadista. Nesta área os impactos ambientais se acentuam, há muitos desmatamentos, desvios dos cursos d'água para irrigação, retirada de areia do leito principal, poluição industrial e doméstica. Os municípios são Araricá, Campo Bom, Capela de Santana, Estância Velha, Gravataí, Igrejinha, Ivoti, Nova Hartz, Osório, Parobé, Portão, Riozinho, Rolante, São Sebastião do Caí, Sapiranga, Taquara, Três Coroas.

O Baixo Sinos é uma região caracterizada principalmente pela extensa planície de inundação do rio. As formações rochosas são sedimentares, dominando depósitos argilosos,

¹ De acordo com Silva (2010), a denominação do Rio dos Sinos sofreu algumas alterações ao longo da história, os povos indígenas (Charruas e Minuanos) chamavam-no de Cururuai, fazendo referência aos ratões habitantes dos banhados da bacia. Outro nome encontrado é Itapuí, que pode significar “rio das pedras delgadas”, ou “rio das pedras que gritam”. O nome utilizado atualmente pode ter derivado da palavra Sinus, que em latim significa seio, enseada ou sinuoso.

frequentemente encharcados. A vegetação é típica de banhados, com campos úmidos junto ao vale e presença de matas ciliares. Deságuam no leito dos Sinos os arroios Sapiranga, Campo Bom, Luís Rau, Pampa, Gauchinho, Portão, Cerquinha, Boa vista, Estância, Kruze, Peão e João Corrêa. A região foi colonizada principalmente por descendentes de alemães e de diversas outras culturas devido ao avanço do processo de industrialização dos ramos coureiro-calçadista, metalúrgico, tecnológico e ensino universitário, além da crescente ocupação urbana provinda dos municípios da grande Porto Alegre. Os impactos ambientais na região se dão principalmente pela ocupação e pelo aterramento das áreas de banhado, desmatamento da vegetação ciliar, intensa poluição do solo e contaminação da água por esgotos domésticos e efluentes diversos, além de deposição de resíduos sólidos em áreas inadequadas e extração de areia e pedra grês dos morros areníticos. Os municípios são Cachoeirinha, Canoas, Esteio, Glorinha, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Sapucaia do Sul e São Leopoldo.

As nascentes do Rio dos Sinos estão localizadas na Serra Geral, no município de Caraá. O curso principal percorre o sentido Leste-Oeste até a cidade de São Leopoldo, onde muda para a direção Norte-Sul, desembocando no delta do Rio Jacuí, entre a Ilha Grande dos Marinheiros e Ilha das Garças, a uma altitude de 12 metros. Seus principais formadores são o Rio Rolante e Paranhana, além de diversos arroios. O Rio Paranhana recebe águas transpostas da bacia do Caí, das barragens do Salto, Divisa e Blang (FEPAM, 2017). Os principais usos da água na bacia estão destinados ao abastecimento público, ao uso industrial e à irrigação.

O Rio dos Sinos é um importante recurso hídrico, fonte de abastecimento de água para cerca de 1.300.000 habitantes, o que representa uma densidade populacional de cerca de 360 pessoas por quilômetro quadrado. Alguns aspectos dos municípios localizados na bacia hidrográfica podem ser observados na Tabela 4 (página 47).

As áreas urbanas mais densamente povoadas, de acordo com estimativa populacional para o ano de 2017 (IBGE, 2018), incluem as cidades de Novo Hamburgo, com 249.508 habitantes; Canoas, com 343.853 habitantes, e São Leopoldo, com 230.914 habitantes, que estão localizadas na porção baixa da bacia. A região possui uma produção industrial muito diversificada: calçados e couro, metais-mecânicos, alimentos, petroquímica, madeira e mobiliário, turismo e hospitalidade (BLUME et al., 2010). A porção localizada na parte mais baixa da bacia está sob forte pressão antropogênica, pois concentra a maior densidade populacional, um importante polo industrial e PIB médio de R\$ 38 mil reais *per capita* (IBGE, 2018).

Nesse contexto, é clara a divisão das demandas e disponibilidades hídricas no Rio dos Sinos, com as áreas mais conservadas localizadas à montante da bacia. Já no seu trecho

médio-baixo, o Rio dos Sinos recebe em diversos pontos efluentes industriais e domésticos, sem tratamento, nos cursos de água (SEMA, 2017). Constata-se desde a década de 90, que o trecho do Baixo Sinos é a região mais crítica quanto à contaminação por fontes antropogênicas (HATGE et al., 1998).

Quanto ao esgotamento sanitário na bacia do Rio dos Sinos, a situação é similar à verificada no restante do Estado do Rio Grande do Sul, ou seja, com baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos. Da população urbana total da bacia, apenas 4,5% dispõe de sistema coletivo para a coleta e tratamento de esgotos. A intensidade do impacto do lançamento de efluentes direto nos corpos hídricos é proporcional à população urbana; portanto, as maiores alterações de qualidade nos cursos d'água são observadas à jusante das maiores áreas urbanas da bacia (PROFILL, 2013).

O Rio dos Sinos é um exemplo de como a falta de gestão dos usos pode levar a sérios danos ao meio ambiente, uma vez que, a cada estiagem, o problema da baixa qualidade da água tem aberto a possibilidade da ocorrência de sérios problemas, como a grande mortandade de peixes que ocorreu em 2006 (SILVA, 2012). Além disso, um monitoramento eficaz poderia contribuir para a antecipação de medidas mitigadoras e fiscalizatórias.

Além dos impactos da contaminação de suas águas e das estiagens, a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos sofre, desde a década de 60, com o impacto das cheias do rio, que atingem diretamente as áreas urbanizadas com a expansão habitacional (METROPLAN, 2014). Desde 2010, o tempo de recorrência dos eventos de chuvas extremas seguidos de enchentes tem diminuído significativamente, com eventos registrados nos anos de 2013 e 2015.

Tabela 4 – Resumo das informações sobre os municípios componentes da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Fonte: Elaborado pela autora.

Município	População CENSO 2010	População Estimada 2017	PIB R\$/per capita	Esgotamento sanitário adequado em 2010 (%)	Densidade demográfica hab/km²	Área na Bacia (km²)	Área na Bacia (%)	População na B.H. (habitantes)
Araricá	4.864	5.395	R\$ 27.022,28	→ 76,5	137,83	35,689	99,23	4.919
Cachoeirinha	118.278	127.318	R\$ 47.494,00	↑ 95,3	2.687,04	6,653	16,01	17.877
Campo Bom	60.074	64.914	R\$ 40.523,22	↑ 94,6	992,79	57,5627	99,68	57.148
Canela	39.229	43.062	R\$ 21.355,67	↑ 87	154,58	148,7563	59,22	22.995
Canoas	323.827	343.853	R\$ 47.588,56	↑ 92,9	2.470,15	74,1678	57,85	183.206
Capela de Santana	11.612	11.455	R\$ 15.925,26	↑ 91,6	63,19	4,1085	2,18	260
Caraá	7.312	7.971	R\$ 11.408,60	→ 76,7	24,84	299,6094	100	7.442
Dois Irmãos	27.572	30.753	R\$ 51.026,98	↑ 94,9	423,17	6,3373	8,87	2.682
Estância Velha	42.574	47.287	R\$ 28.796,81	↑ 92,3	816,42	48,8919	94,47	39.916
Esteio	80.755	84.237	R\$ 37.103,20	↑ 90,8	2.917,87	27,0204	100	78.842
Glorinha	6.891	7.654	R\$ 47.654,74	→ 65,3	21,29	0,0003	0	0
Gramado	32.273	35.047	R\$ 47.722,39	↑ 91,5	135,7	77,702	32,05	10.544
Gravataí	255.660	275.146	R\$ 35.740,51	↑ 83,5	551,59	64,5787	13,99	35.621
Igrejinha	31.660	34.903	R\$ 43.862,23	↑ 88	233,03	131,8487	93,55	30.725
Ivoti	19.874	22.514	R\$ 39.986,85	→ 73	314,71	3,1747	4,98	999
Nova Hartz	18.346	20.405	R\$ 32.551,68	↑ 96,7	293,26	63,554	98,59	18.638
Nova Santa Rita	22.716	26.450	R\$ 42.344,27	→ 66	104,26	92,9563	42,88	9.692
Novo Hamburgo	238.940	249.508	R\$ 32.659,96	↑ 92,1	1.067,55	225,2765	100	240.494
Osório	40.906	44.468	R\$ 28.556,01	→ 71,6	61,65	29,9863	4,53	1.849
Parobé	51.502	56.277	R\$ 19.622,17	↑ 89,2	474,03	106,9201	100	50.683
Portão	30.920	34.692	R\$ 33.562,04	↑ 91,2	193,38	133,889	86,3	25.891
Riozinho	4.330	4.607	R\$ 24.329,92	↓ 48,9	18,07	236,3452	100	4.271
Rolante	19.485	20.920	R\$ 24.824,09	→ 66,3	65,91	262,8396	100	17.324
Santa Maria do Herval	6.053	6.358	R\$ 33.036,57	↓ 64,3	43,36	2,7858	2,13	121
São Francisco de Paula	20.537	21.679	R\$ 24.431,08	↓ 58,8	6,27	387,4356	11,59	2.429
São Leopoldo	214.087	230.914	R\$ 30.356,67	↑ 92,9	2.083,82	102,017	100	212.585
São Sebastião do Caí	21.932	24.967	R\$ 24.217,64	↑ 91,4	196,81	4,5747	4,15	900
Santo Antonio da Patrulha	39.685	42.333	R\$ 25.324,80	→ 70,5	37,8	347,638	32,29	13.141
Sapiranga	74.985	80.311	R\$ 35.769,70	↑ 91,4	542,14	83,0487	60,29	45.024
Sapucaia do Sul	130.957	139.476	R\$ 21.805,91	↑ 90,2	2.245,91	64,5142	100	144.893
Taquara	54.643	57.544	R\$ 21.045,80	↑ 83,6	119,35	413,3136	92,52	49.329
Três Coroas	23.848	26.589	R\$ 35.152,33	↑ 89,1	128,53	153,3377	94,54	19.708
TOTAIS	2.076.327	2.229.007				3.696,53		1.350.147

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo trata da caracterização da área de estudo e dos recursos utilizados para a realização da pesquisa. Quanto à abordagem do problema, a pesquisa caracteriza-se como qualitativa; quanto ao procedimento técnico, está vinculada à pesquisa documental concernente à coleta de dados e à pesquisa causal em relação à análise das informações coletadas. Para o desenvolvimento da plataforma de dados, utilizou-se abordagem quantitativa. De acordo com Flick (2009), a pesquisa quantitativa é um processo organizado em sequência linear de etapas conceituais, metodológicas e empíricas.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos situa-se a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 29°20' a 30°10' de latitude Sul e 50°15' a 51°20' de longitude Oeste. Abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional e Depressão Central. Possui área de 3.746,68 km², abrangendo municípios como Campo Bom, Canoas, Gramado, Igrejinha, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas, com população total estimada em 1.350.000 habitantes. Além do Rio dos Sinos, os principais corpos de água da bacia hidrográfica são o rio Rolante, o rio da Ilha e o rio Paranhana. O Rio dos Sinos nasce no município de Caraá e desemboca no delta do Jacuí. Os principais usos da água na bacia estão destinados ao abastecimento público, uso industrial e irrigação (SEMA, 2017).

A seguir encontra-se o mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos no estado do Rio Grande do Sul (figura 5), ressaltando hidrologia, limites municipais e localização dos pontos de monitoramento da FEPAM, em escala de 1:500.000 quilômetros.

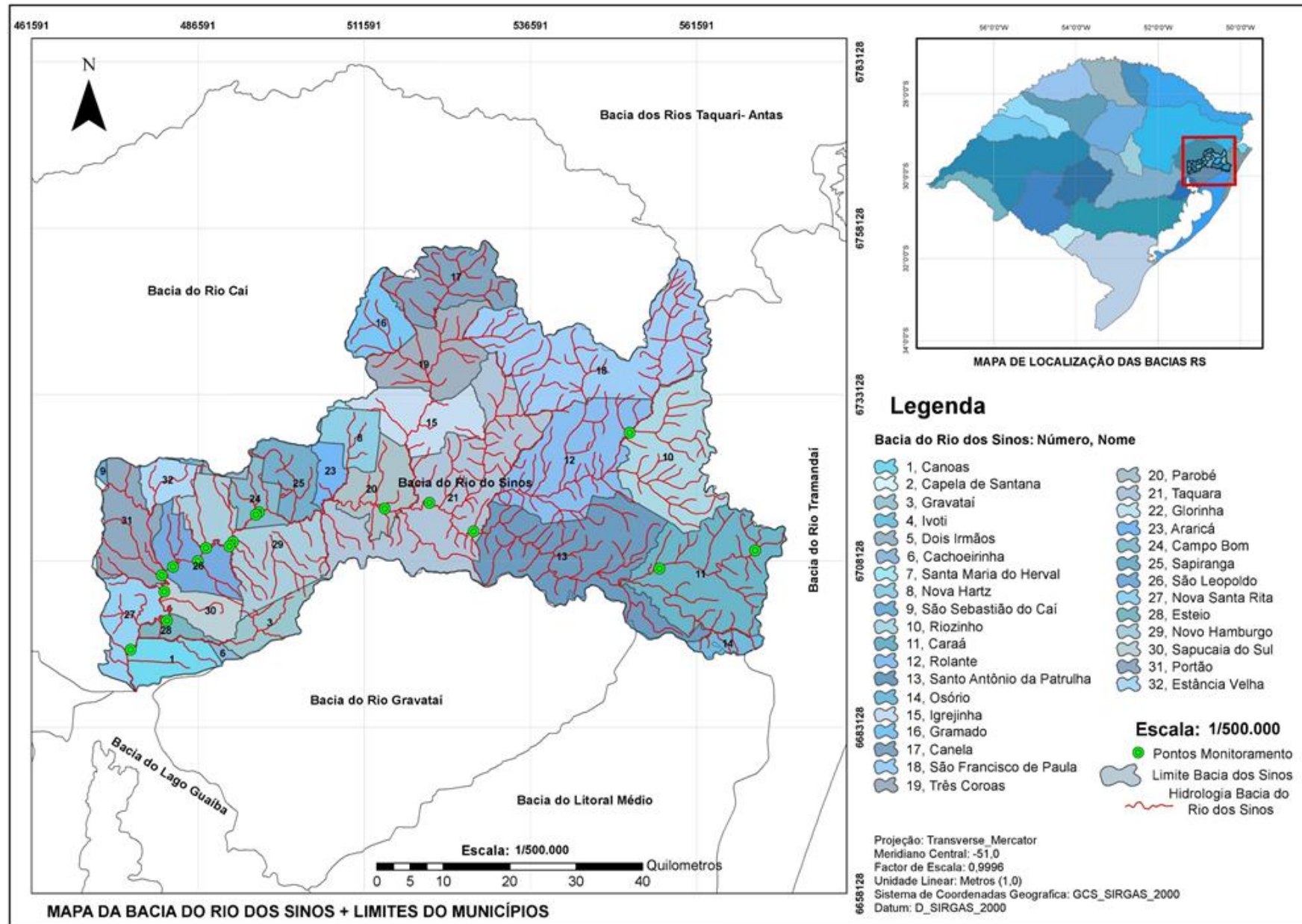


Figura 5 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos/RS. Fonte: Elaborado por Osvaldo Cabongo.

3.2 COLETA DE DADOS

A metodologia utilizada consistiu essencialmente em uma revisão bibliográfica, com pesquisa de artigos e publicações acadêmicas sobre qualidade de água, na região de abrangência da bacia do Rio dos Sinos, e em análise documental (GIL, 2008), considerando as diversas fontes e os formatos de aquisição de dados, como relatórios, boletins de alerta, gráficos e tabelas de resultados que ainda não receberam tratamento analítico.

A revisão bibliográfica foi realizada consultando-se as plataformas Periódicos.capes e Scielo, buscando-se os termos: bacia hidrográfica, gestão integrada, monitoramento da qualidade e Rio dos Sinos (do período de 2010 a 2018). A análise documental, ou seja, o acesso aos boletins de dados hidrometeorológicos das estações fluviométricas, foi realizada junto às páginas eletrônicas dos responsáveis pelos sistemas de monitoramento hidrológico (INMET, CPTEC – INPE e Sala de Situação SEMA-DRH). Os dados de qualidade da água do Rio dos Sinos foram obtidos junto à Divisão de Planejamento Ambiental da FEPAM.

Durante o ano de 2017, foi realizado o inventário dos pontos de monitoramento, através de dados cadastrados em fontes oficiais e secundárias de informações referentes às redes de monitoramento hidrometeorológico na região de abrangência da bacia do Rio dos Sinos. Foram acessados os boletins de dados hidrometeorológicos das estações fluviométricas, junto às páginas eletrônicas dos responsáveis pelos sistemas de monitoramento hidrológico como a ANA, a CPRM, o CEMADEN, o DRH-SEMA/RS e os dados de qualidade da água do Rio dos Sinos, obtidos com a FEPAM do período de janeiro de 2017 a abril de 2018. Além disso, foram solicitadas as planilhas com os resultados do monitoramento diário da água captada, para as companhias de abastecimento público (CORSAN, SEMAE e COMUSA).

3.3 ESTRUTURAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE MONITORAMENTO

Para organização dos resultados obtidos, foi utilizado um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD). Trata-se de um conjunto de programas (*softwares*) que permite criar e manter um banco de dados da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Esse *software* facilita os processos de definição (tipos de dados), construção (armazenamento em mídia), manipulação (funções de pesquisa e atualização) e compartilhamento de bancos de dados entre vários usuários e aplicações, assim como a manutenção dessas informações por longo período (ELMASRI; NAVATHE, 2010).

Primeiramente, os resultados dos parâmetros monitorados foram organizados em planilhas eletrônicas e georreferenciadas através de um *software* de geoprocessamento, como o ArcGIS (SANTOS, 2014). A inserção dos dados foi feita com base em arquivos do tipo *shape* (*shapefile*) do SIG da Bacia Hidrográfica (cedido pelo Comitês para esta pesquisa), desta forma um *shape* para os limites dos municípios que fazem parte da bacia do rio dos sinos e outro arquivo com o *shape* dos pontos de monitoramento. Para fins de apresentação ou visualização, estes arquivos *shape* também podem ser exportados para outras plataformas ou *softwares* de SIGs (UFPEL, 2017) e para o Google Earth.

A fim de carregar os dados (arquivos *shapes*) para o Google Earth, o primeiro passo foi realizar a conversão dos arquivos do tipo *shape* para “kml” ou “kmz”, que transportam os dados ou as informações das tabelas de atributos. A linguagem kml (*Keyhole Markup Language*) constitui a interface entre o Google Earth e o usuário, sendo uma linguagem de marcação de padrão aberto que permite a exibição de dados geográficos em geo-navegadores, tais como pontos, linhas, polígonos e imagens. Em sua forma compactada, é denominada kmz (GUIMARÃES et al., 2012). Depois de feita essa conversão, a etapa final foi a de carregar os arquivos convertidos (kml ou kmz) no Google Earth. Ao se clicar no ponto que se deseja visualizar os dados (Figura 6), abre-se uma tabela com todas as informações (atributos) referentes ao ponto clicado.

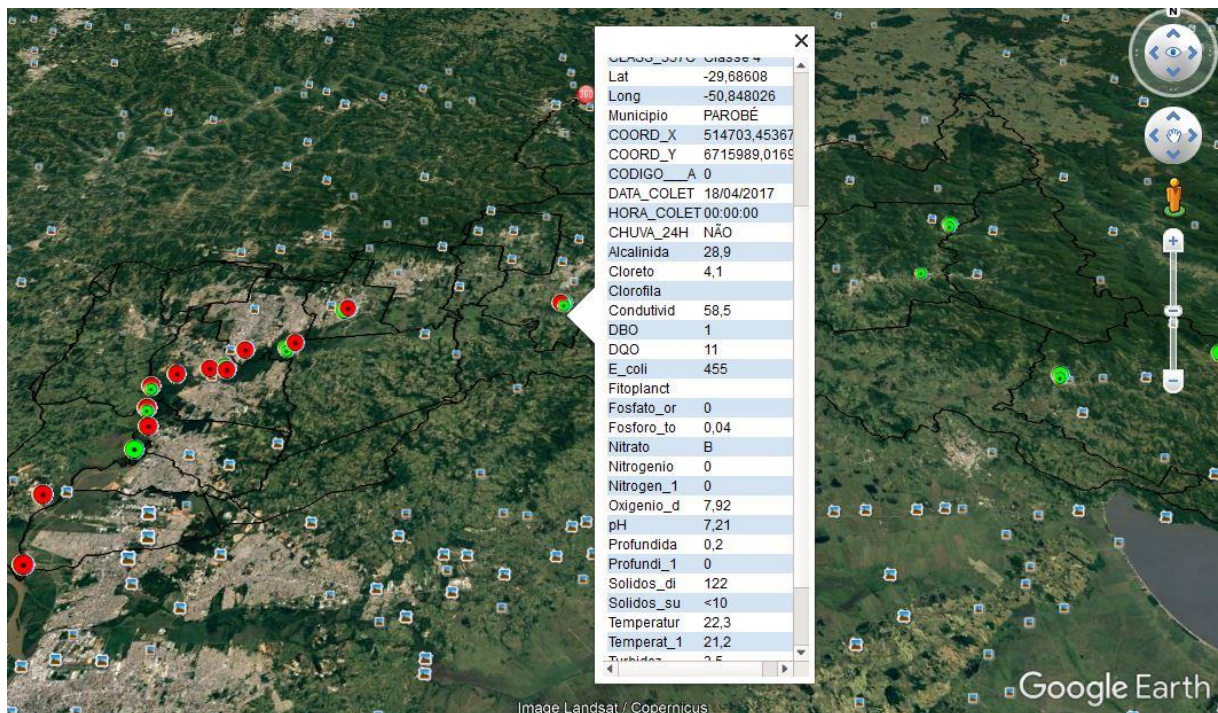


Figura 6 – Exemplo de visualização das informações dos pontos de monitoramento no Google Earth.
Fonte: Elaborado pela autora.

Com a tabela de atributos formatada, foram adicionados os campos em que constam os resultados dos parâmetros dos 11 pontos de monitoramento avaliados pela FEPAM, mais os 7 pontos de captação de água bruta do Rio dos Sinos. Foram adicionados também campos que irão integrar as datas de atualizações desses pontos para controle, a fim de que os usuários/entidades possam inserir as informações. Por fim, os valores tabulados em planilha georreferenciada (*.xls; *.dbf) produzida por esta pesquisa foram utilizados no desenvolvimento da plataforma *online* (MORAES et al., 2018).

3.4 DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA QUALISINOS

A partir de acordo de parceria firmado entre esta pesquisa e o Professor André Peres do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Porto Alegre, foi iniciado o desenvolvimento de um sistema de banco de dados para os pontos de monitoramento da qualidade de água do Rio dos Sinos e de um *site* de alimentação e disponibilização de informações, doravante denominado QualiSinos. Por meio do trabalho de conclusão de curso da aluna Viviani Andrade Machado, apresentaremos ao Comitesinos o modelo de plataforma *online* para disponibilização de informações da qualidade do rio, conforme preconizado no plano de bacia.

Buscando melhorar o gerenciamento dos dados de monitoramento da qualidade de água e possibilitar o melhor direcionamento das ações de fiscalização dos órgãos gestores, teve-se como objetivo a criação de uma plataforma de divulgação de resultados de parâmetros básicos medidos no Rio dos Sinos. Esse sistema tem como principal funcionalidade representar os dados básicos de qualidade da água dos pontos de amostragem e das estações de captação de água para abastecimento público ao longo do Rio dos Sinos, de modo a facilitar a visualização e o entendimento do comportamento da qualidade de água ao público em geral.

A construção da plataforma QualiSinos dividiu-se em três etapas: a primeira relativa à aquisição e ao tratamento dos dados cadastrais e espaciais; a segunda, ao aprendizado das tecnologias de código aberto existentes; a terceira, ao desenvolvimento da plataforma em si. Essas etapas são descritas a seguir.

3.4.1 Base de dados

A base de dados disponibilizada pela plataforma QualiSinos é composta pelos dados do Programa Qualiágua - ANA de monitoramento da qualidade da água nas bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, especificamente no Rio dos Sinos, os quais

foram obtidos junto à FEPAM/RS. Os dados do monitoramento sistemático são disponibilizados pela FEPAM em planilhas eletrônicas para o Comitesinos. Os dados atualizados oriundos das estações de captação de água bruta do Rio dos Sinos serão disponibilizados pelos serviços de abastecimento público. A confiabilidade dos resultados será garantida pelos usuários colaboradores, pois cada estação de tratamento de água realiza suas rotinas de análise conforme padrões operacionais próprios.

As camadas relativas às informações hídricas, tais como rios, arroios, sub-bacias hidrográficas e municípios, foram obtidas através do acesso aos arquivos SIG do Plano de Bacia e trabalhados em mapas do Google Earth pelo uso do programa ArcGIS (licença de uso do SEMAE).

3.4.2. Tecnologias Utilizadas

Os programas utilizados para o desenvolvimento do sistema são:

- Ambiente de programação (IDE): Visual Studio Code 1.28.2;
- Servidor de aplicações Web: Apache 2.4.35;
- Banco de Dados: MySql 5.0.12;
- Back-end: Linguagem Node.js; ORM (Object Relational Mapper) Sequelize; linguagem de programação Arduino (linguagem C);
- Front-end: Linguagem Vanilla JS (JavaScript Puro); biblioteca Axios para as requisições; framework Bootstrap;
- API para visualização de mapas em navegadores: Google Maps JavaScript API;

De acordo com Cabral (2008), um SIG *web* é composto basicamente por 5 elementos: cliente (*browser*), servidor *web*, servidor de mapas, banco de dados espacial e linguagem de programação. O elemento cliente se refere à interface gráfica do sistema na qual o usuário deve interagir diretamente por meio de um navegador *web*, como Google Chrome, Mozilla Firefox, entre outros. O elemento servidor *web* se refere ao servidor utilizado em *sites* comuns como o Apache Tomcat ou o Glassfish. O elemento servidor de mapas se refere ao *software* que, por meio de requisições do cliente, faz a comunicação com os dados espaciais e reproduz as informações obtidas em forma de mapas como, por exemplo, o GeoServer, Google Maps e

OpenStreetMap². O banco de dados espacial pode ser representado pelos arquivos *Shapefile*, arquivos que guardam estruturas geográficas. E por fim, uma linguagem de programação como o Java, ASP.NET ou PHP para a construção do sistema *web*.

Um servidor de mapas é o componente central de um SIG *web*, pois é ele que estabelece a comunicação entre o cliente e o banco de dados geográficos ou arquivos *shapefiles*, retornando ao cliente as informações em forma de mapas. O GeoServer é um servidor de código aberto escrito em Java, que permite aos usuários compartilharem e editarem dados geoespaciais (GEOSERVER, 2018). Ele permite a implementação dos três componentes principais de um SIG *web*: Visualização do Mapa, Visualização das Camadas e Operações de Geoprocessamento. O OpenLayers é uma biblioteca de código aberto desenvolvida em JavaScript para a visualização de mapas em navegadores. O OpenLayers permite também a associação com diversos tipos de mapa-base, que representam a visualização da superfície terrestre, sendo indispensáveis para um SIG *web*. Dentre os mapas suportados pelo OpenLayers, destaca-se principalmente o mapa do Google (GOOGLE, 2018). O Google Maps fornece pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélites que são atualizadas constantemente.

A integração Google-SIG pode ser feita por meio de *softwares* comerciais, tais como ArcGIS, Global Mapper, MapInfo, ou de *softwares* livres. Os *softwares* livres vêm recebendo grandes avanços, principalmente em função da criação da OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) e a implementação de novas funcionalidades no formato de *plug-ins*, permitindo ao usuário acesso a uma gama de ferramentas que somente eram acessíveis nos programas comerciais (GUIMARÃES et al., 2012).

Utilizamos como modelo o BaciaGIS, que é uma proposta de sistema *web* baseado em um SIG *web*, para gerenciar os dados da qualidade da água das bacias hidrográficas pernambucanas. Pelo sistema tem-se a opção de cadastrar os dados das amostras e exportar esses dados para outros SIGs. O objetivo principal do BaciaGIS é o de representar os dados e índices de qualidade da água das estações de amostragem ao longo das bacias hidrográficas e apresentar os resultados à sociedade de maneira simples. O banco de dados é abastecido com planilhas eletrônicas que são importadas via sistema (BARBOSA et al., 2015; GALLINDO, 2015).

² Estes três serviços citados são exemplos de servidores de mapa. Detalhes adicionais nos respectivos endereços eletrônicos: <http://geoserver.org/> | <https://www.openstreetmap.org> | <https://www.google.com.br/maps>

3.4.3. Implementação do QualiSinos

O sistema foi desenvolvido em *JavaScript* tanto no *back end* como no *front end* que é a linguagem utilizada pela maioria dos *frameworks*, mas com base sólida de linguagem, por exemplo o *Vanilla* (*JavaScript E56*). Foi construída uma *API restful* em *Node.js* para o lado servidor. A aplicação terá o formato de *SPAs* (*Single Page Applications*), pois permite realizar todas as operações de acesso ao servidor a partir de uma única página. O padrão de projetos utilizado foi o modelo *MVC* (*Model-View-Controller*), que consistiu em utilizar uma solução já definida para separar partes distintas do projeto, reduzindo suas dependências ao máximo. O banco de dados do sistema foi criado no *MySQL* e foi estruturado em nove tabelas e suas relações de acordo com as Figuras 7 e 8.

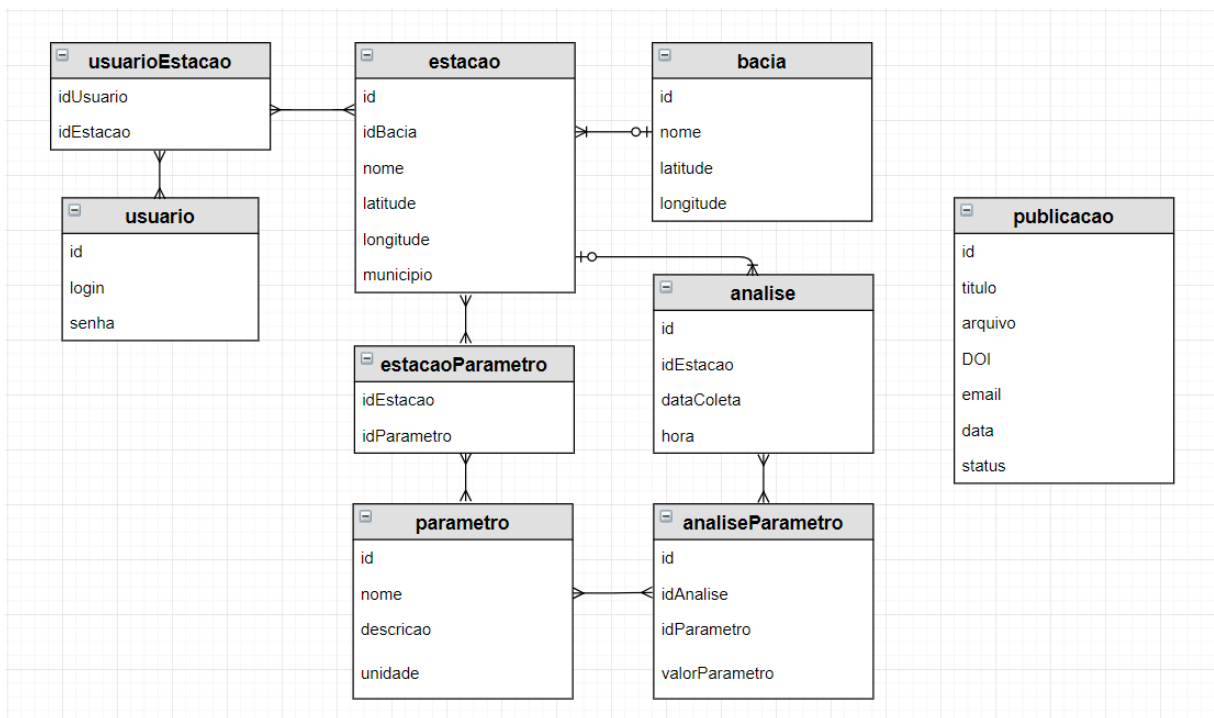


Figura 7 – Diagrama ER (Entidade - Relacionamento) utilizados pelo banco de dados. Fonte: Elaborado por Viviani A. Machado, 2018.

Na Figura 7 é mostrada a modelagem do banco de dados. Em uma tabela, guardam-se os dados da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos; em outra tabela, os pontos de monitoramento e as estações de captação; em outra ainda, as análises feitas em cada ponto. Além dessas, há uma tabela na qual se guardam as informações dos administradores do sistema. Adicionalmente, há uma tabela para inclusão de novos parâmetros de análise e outra para a divulgação de publicações e de artigos científicos sobre a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. A relação entre Bacia do Sinos e Estação (ponto de monitoramento) e entre Estação e Análise é de um para vários, ou seja, o rio pode ter vários pontos, mas um ponto só pertence

ao Rio dos Sinos, da mesma forma que um ponto de monitoramento/estação pode ter várias análises, mas o resultado da análise só pertence à um ponto.

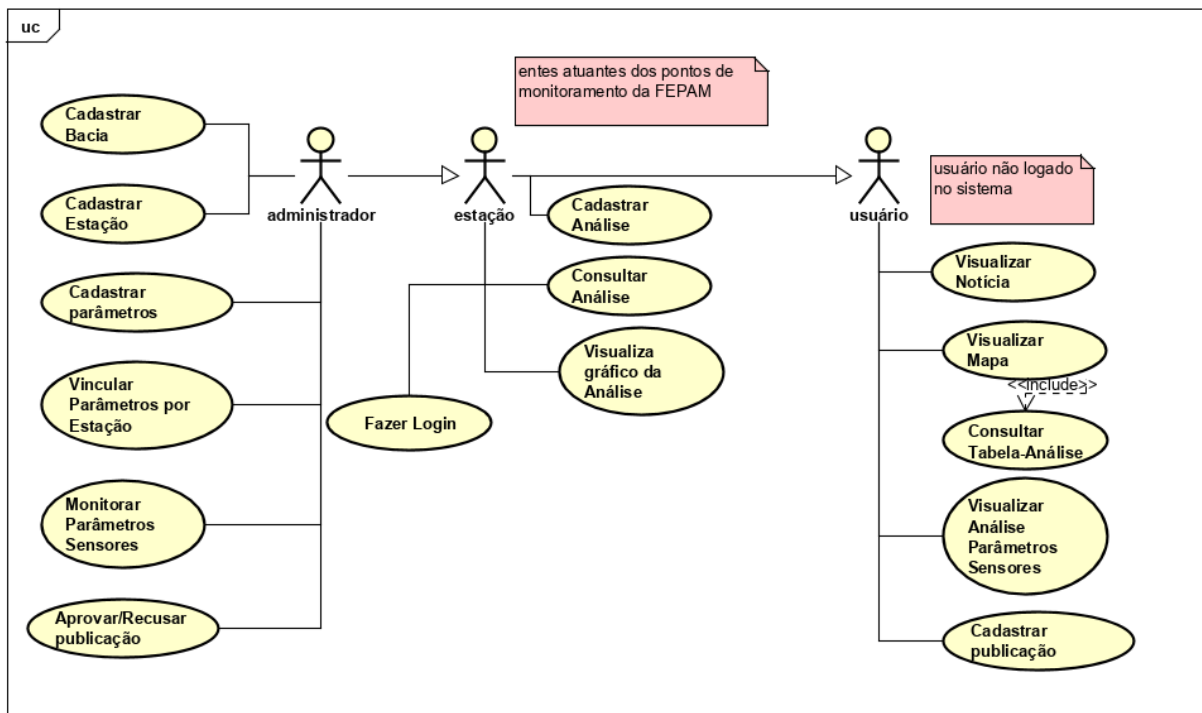


Figura 8 – Diagrama de casos de uso para programação. Elaborado por Viviani A. Machado, 2018.

Na Figura 8, demonstra-se a relação entre os casos de uso do sistema e as permissões de cada entidade em formato de diagrama. Para a entidade Administrador é possível cadastrar: bacia hidrográfica, estações, parâmetros e vincular parâmetros por estação. Além de monitorar os resultados de sensores automáticos (quando instalados) e de aprovar ou recusar publicações na plataforma. Para a entidade Estação é permitido o cadastro de análise, consulta e visualização de gráficos gerados mediante login. Para usuários não “logados” é permitido a visualização dos resultados das análises em tabelas do mapa da bacia, além de cadastrar publicações. Foi criada uma aba para acesso às publicações científicas relacionadas à Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, a partir da disponibilização de *links* DOI:CODI.

Para a visualização do Mapa da Bacia Hidrográfica, foi escolhida a API (*Application Programming Interface*), que significa Interface de Programação de Aplicativos do Google Maps. Essa API também é feita em *JavaScript* e pode ser incorporada no *site* de forma simples mediante uma chave gratuita. Possui seu código aberto com as facilidades de marcar pontos como ícones, desenhar círculos, polígonos, trajetos, entre outras opções.

A sistemática de cadastro funciona da seguinte forma, para os serviços de saneamento da bacia foram criados nomes de usuários e senhas de suas respectivas estações de captação de água, para *login* no sistema. O operador da estação de tratamento de água, ou responsável

pelas análises matutinas, acessará o site www.qualisinos.com.br e no acesso Cadastro, utilizará seu *login* e senha. Para realizar a inclusão dos resultados do dia, selecionará a data da análise, informará de qual estação é o cadastro (no caso da CORSAN) e incluirá nos campos pH, turbidez, temperatura da água, OD, condutividade e nível do rio seus respectivos valores. Automaticamente o banco de dados armazenará as informações lançadas e criará os gráficos dos parâmetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os apontamentos provenientes de estudos acadêmicos e científicos, que foram avaliados na etapa de revisão bibliográfica e análise documental das temáticas: Rio dos Sinos, monitoramento ambiental e qualidade de água, de 2010 até o primeiro semestre de 2018. É feita também a análise gráfica dos resultados dos parâmetros básicos das campanhas de monitoramento do Rio dos Sinos de janeiro de 2017 a abril de 2018, realizadas pela FEPAM. Por fim, discorre-se sobre as telas construídas para a plataforma QualiSinos.

4.1 ESTUDOS SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA DO RIO DOS SINOS

Um dos estudos de avaliação da qualidade da água do Rio dos Sinos foi realizada por Macedo (2010), ao longo de um monitoramento mensal desenvolvido durante um ano. Foram coletadas amostras em quatro pontos selecionados do rio: o primeiro na nascente, o segundo em Parobé, o terceiro em Novo Hamburgo e o quarto em Sapucaia. Foram realizadas análises de pH, OD, DBO, turbidez, coliformes fecais, sólidos totais, temperatura, nitrato, fosfato, cromo, chumbo, alumínio, zinco, ferro e cobre. Os resultados foram avaliados individualmente e receberam tratamento estatístico.

A partir da Resolução CONAMA nº 357/2005 foi verificada a qualidade da água no tocante às restrições de uso. Utilizou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA) para buscar a determinação da qualidade do corpo hídrico. O trabalho utilizou dados secundários da ANA para verificar possíveis correlações de vazão com os parâmetros analisados e da FEPAM, comparando com os resultados obtidos nas análises desenvolvidas na pesquisa. As condições sanitárias encontradas no Rio dos Sinos, principalmente no trecho inferior, demonstraram-se preocupantes, de acordo com os resultados de qualidade da água, assim como nas observações realizadas ao longo das saídas de campo para as coletas de amostras pelo pesquisador.

Bieger (2010) avaliou a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Rio Grande do Sul, Brasil) a partir de índices bióticos baseados em comunidades de

macroinvertebrados aquáticos. Foram selecionados três arroios em cada uma das três principais regiões da bacia. Em cada arroio, foram realizadas duas coletas anuais, nos diferentes trechos (superior, médio e inferior), totalizando 27 trechos. Os arroios da porção superior da bacia apresentaram uma melhor qualidade da água do que os da região inferior. Estes resultados mostram que os índices bióticos utilizados refletiram as mudanças relacionadas à qualidade da água ao longo do gradiente longitudinal da bacia. Portanto, os macroinvertebrados aquáticos foram importantes bioindicadores da qualidade da água e da qualidade ambiental dos arroios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Figueiredo (2010) realizou um estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, mediante a interferência das questões econômicas e sociais na situação ambiental. Em tal trabalho, foram descritas as atividades produtivas do trecho superior, que são do ramo madeireiro, moveleiro, turismo, hospedagem e comércio. Já no trecho médio, encontram-se indústrias de couro e calçados, alimentícias, metal-mecânicas e petroquímicas. Na parte inferior, localizam-se os grandes parques industriais da região, que caracterizam uma região de alto potencial poluidor. O autor discute que a falta de tratamento de resíduos e efluentes industriais, a falta de tratamento de esgotos sanitários e a irresponsabilidade da sociedade civil podem provocar a má qualidade da água no Rio dos Sinos. A consequência dessa agressão ambiental é o grave evento de poluição da bacia, em 2006, onde foram confirmadas a morte de mais de 90 toneladas de peixes no rio. Em suma, todos esses fatos têm impactos negativos sobre o meio ambiente e acarretam riscos para a saúde humana, reduzindo a qualidade de vida da população que habita a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (FIGUEIREDO, 2010).

Oliveira e autores (2012) avaliaram a genotoxicidade da água do Rio dos Sinos e padrões de análises físico-químicas da qualidade da água. As amostras foram coletadas nas cidades de Novo Hamburgo e São Leopoldo, nos períodos do verão de 2010 e outono de 2011. As águas analisadas apresentaram substâncias com potencial efeito tóxico e genotóxico. Os autores salientam a presença de cromo hexavalente nas águas, como possível contribuinte para o efeito tóxico e genotóxico verificado. O estudo também identificou alterações decorrentes das condições climáticas. Os resultados da DQO e da DBO, no outono, foram inferiores quando comparados com as amostras coletadas no verão: os teores reduziram cerca de 50% do verão para o outono, resultado atribuído à redução do nível de água do rio no verão.

Oliveira (2015) realizou monitoramento no Rio dos Sinos, entre 2011 a 2014, nos pontos estabelecidos pela FEPAM e pelo projeto Rio Vivo/NH. Neste período amostral, por meio de coletas mensais foram avaliados três trechos do Rio dos Sinos. Os dados obtidos pelo

estudo foram comparados com a legislação vigente para verificar o atendimento aos parâmetros de qualidade de água. Estes parâmetros serviram para classificar os pontos de coleta segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Steffens et al. (2015) explanam sobre o monitoramento da qualidade da água, em três pontos do Rio dos Sinos, compreendendo o trecho superior, médio e inferior. Os pontos foram monitorados entre 2013 e 2014. As amostras de água foram analisadas para determinar parâmetros físico-químicos e genotoxicidade em peixes. A avaliação de genotoxicidade foi conduzida pela exposição à água de diferentes pontos do rio de indivíduos da espécie *Astyanax jacuhiensis*. Os resultados confirmam a presença de substâncias com potencial genotóxico nos pontos localizados nos trechos médio e inferior. No trecho superior (ponto 1), não houve diferenças em relação ao grupo-controle. A diminuição da qualidade da água do trecho inferior quando comparada com o superior também foi confirmada através das análises físico-químicas, as quais indicaram uma redução na qualidade da água nos trechos inferiores, como o esperado devido ao grande escoamento de esgotos domésticos e industriais neste trecho do rio.

Nascimento (2015) estudou e avaliou as condições do curso de água principal da bacia do Rio dos Sinos, a partir de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005. O conjunto de parâmetros avaliados em cinco pontos de captação de água para consumo humano revelou um rio de características diferentes em cada trecho: no trecho superior, classe 1; nos trechos médio e inferior, classe 4. O monitoramento apontou que os resíduos domésticos e industriais são as principais fontes de poluentes.

Petry et al. (2016) realizaram testes de bioensaio com *T. pallida* variedade purpúrea, indicando genotoxicidade da água em um dos arroios contribuintes do Rio dos Sinos. Esse achado aponta o risco ao qual estão expostos a biota aquática e os organismos. Os altos valores da DBO e do fósforo total, bem como as elevadas frequências de micronúcleos, confirmaram as hipóteses de que a qualidade da água próximo à foz do arroio é mais baixa e sua genotoxicidade é mais alta do que próximo à nascente e que o arroio contribui com agentes poluentes e genotóxicos no Rio dos Sinos. A relação observada entre a frequência de micronúcleos, a DBO e o fósforo total indicaram a influência negativa de poluentes presentes na água sobre a espécie bioindicadora, que reforça a importância de se considerarem os fatores ambientais de forma integrada em programas de monitoramento de corpos hídricos.

Ribeiro (2016) apresentou discussão acerca da qualidade ambiental em trechos diferenciados do Rio dos Sinos. As coletas foram realizadas no período que compreendeu março de 2014 a julho de 2015, em 10 pontos amostrais pré-definidos ao longo do rio, sendo

analisados parâmetros físico-químicos, como pH, turbidez, DBO₅, DQO, OD, fósforo total, nitrogênio total e sólidos totais na água, metais tóxicos (chumbo, cobre, cromo, ferro, níquel e zinco) e poluentes orgânicos na água e no sedimento. Os resultados obtidos indicam ações antrópicas em toda a extensão do Rio dos Sinos, com a presença de compostos orgânicos como: Diethylphthalate; Fluorene; Dibenzofuran; Nitrobenzene; 4-Bromodiphenyl ether; Hexachlorobenzene; Phenanthrene; Carbazole; Di-nbutylphthalate e Benzylbutylphthalate. Os resultados mostraram a presença de todos os metais avaliados, tanto na água como nos sedimentos. Quanto ao índice de toxicidade usando minhocas da espécie *Eisenia foetida*, foi encontrado um baixo índice de mortalidade, o que indica uma baixa toxicidade. Já para os parâmetros avaliados nos pontos amostrais, a água acabou sendo classificada como classe 4, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05.

Gomes et al. (2018) utilizaram o modelo matemático QUAL-UFMG para avaliação da qualidade da água do Rio dos Sinos, que se mostrou adequado, visto que foi verificada uma similaridade entre os dados observados e a curva simulada no processo de calibração. Para as variáveis OD, o modelo apresentou uma eficiência boa; para as variáveis DBO, fósforo total e nitrogênio total (outono/inverno), foi considerado aceitável. Além disso, os autores concluíram que a qualidade de água do Rio dos Sinos é alterada em função da sazonalidade, uma vez que houve diferenças nas concentrações das variáveis qualitativas e nos valores dos parâmetros cinéticos das equações utilizadas na simulação.

Todos os trabalhos contribuem para a execução do monitoramento do Rio dos Sinos, sendo realizados nos diferentes trechos e em períodos diversos. Os autores apresentaram o panorama de qualidade da bacia e sugeriram várias ações para melhoria da qualidade ambiental do rio, onde incluem o planejamento urbano e sistemas de coleta e tratamento de esgoto com foco em áreas urbanas localizadas nas partes mais baixas do Rio dos Sinos.

4.2 FONTES DE CONSULTA PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO

Esta pesquisa utilizou principalmente fontes de dados oficiais e de acesso público. As informações obtidas durante o período da pesquisa documental e exploratória estão resumidas na Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo das fontes de informação pesquisadas e tipos de dados obtidos. Elaborado pela autora.

Instituição	Tipos	Abrangência	Dados	Período
ANA	HIDROWEB / Banco de dados SNIRH	Rio dos Sinos	Estações fluviométricas e pluviométricas em operação	2016 - 2017
FEPAM	Série histórica e planilhas de resultados (trimestral)	Rio dos Sinos	Parâmetros físicos: condutividade, temperatura, transparência e turbidez. Parâmetros químicos: cloretos, cobre, OD, DBO, DQO, fenóis totais, orto fosfato, manganês, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, sólidos totais, surfactantes aniônicos e zinco. Parâmetros biológicos: <i>E. coli</i> , fitoplâncton, clorofila A.	2016 - 2018
COMUSA	Planilhas horárias de resultados	Captação Água Bruta (Novo Hamburgo)	Condutividade; pH e temperatura	2015 - 2017
SEMAE	Planilhas diárias de resultados	Captação Água Bruta (São Leopoldo)	Alcalinidade, condutividade, cor, carbono orgânico livre, matéria orgânica, dureza, pH, OD, temperatura, turbidez.	2015 - 2018
CORSAN	Banco de dados	Captação Água Bruta (Taquara, Santo Antônio da Patrulha, Campo Bom, Esteio e Nova Santa Rita)	Não foram disponibilizados	—
DRH-SEMA/RS	Mapa interativo - Sala de Situação	Rios dos Sinos, Rolante e Paranhana	Precipitação, meteorologia	eventual
COMITESINOS	Site, documentos técnicos	Bacia do Rio dos Sinos	Caracterização da Bacia (área, municípios, projetos)	eventual
CEMADEN	Mapas interativos e gráficos das estações hidrológicas e pluviômetros automáticos	Municípios monitorados (Igrejinha, Novo Hamburgo, Parobé, Rolante, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Três Coroas)	Nível dos rios / pluviometria	eventual
CPRM	Relatórios de risco geológico e estações hidrometeorológicas em operação/ANA	Municípios monitorados (Igrejinha, Novo Hamburgo, Parobé, Rolante, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Três Coroas)	Nível dos rios, risco de enchentes e movimentos de massa	2016

As instituições responsáveis por dados sobre o monitoramento hidrológico da bacia hidrográfica estão listadas na Tabela 5, na qual se pode visualizar a gama de informações produzidas. A partir das informações georreferenciadas obtidas junto ao Comitesinos, ao DRH-SEMA/RS, à CPRM e à ANA, pôde ser elaborado o mapa da bacia (Figura 9).

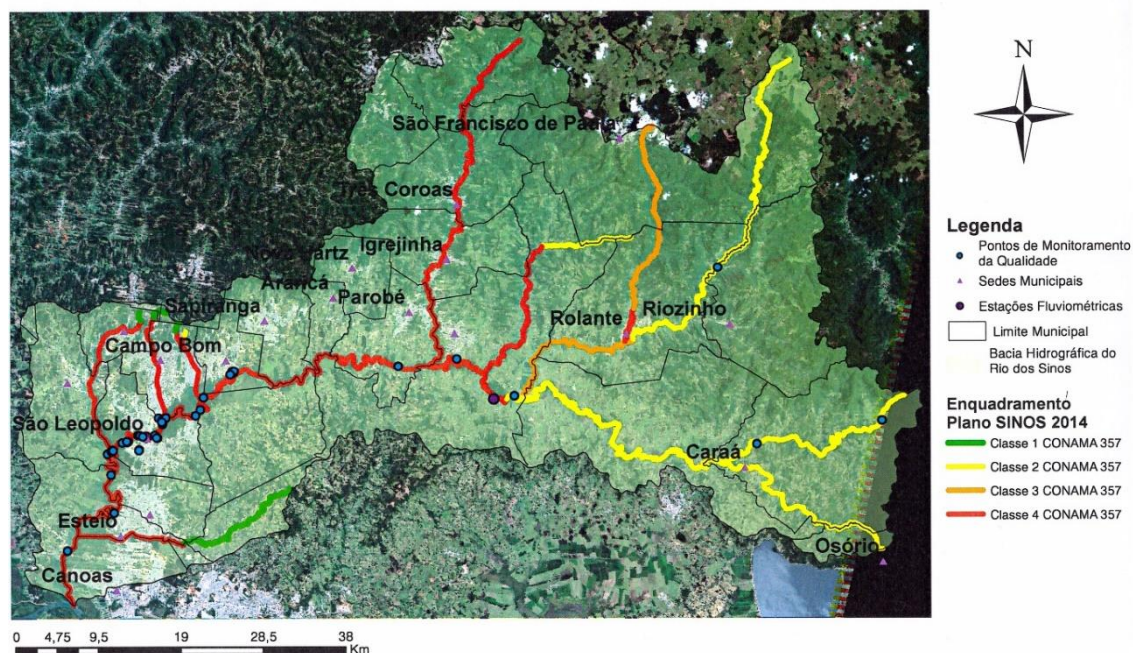
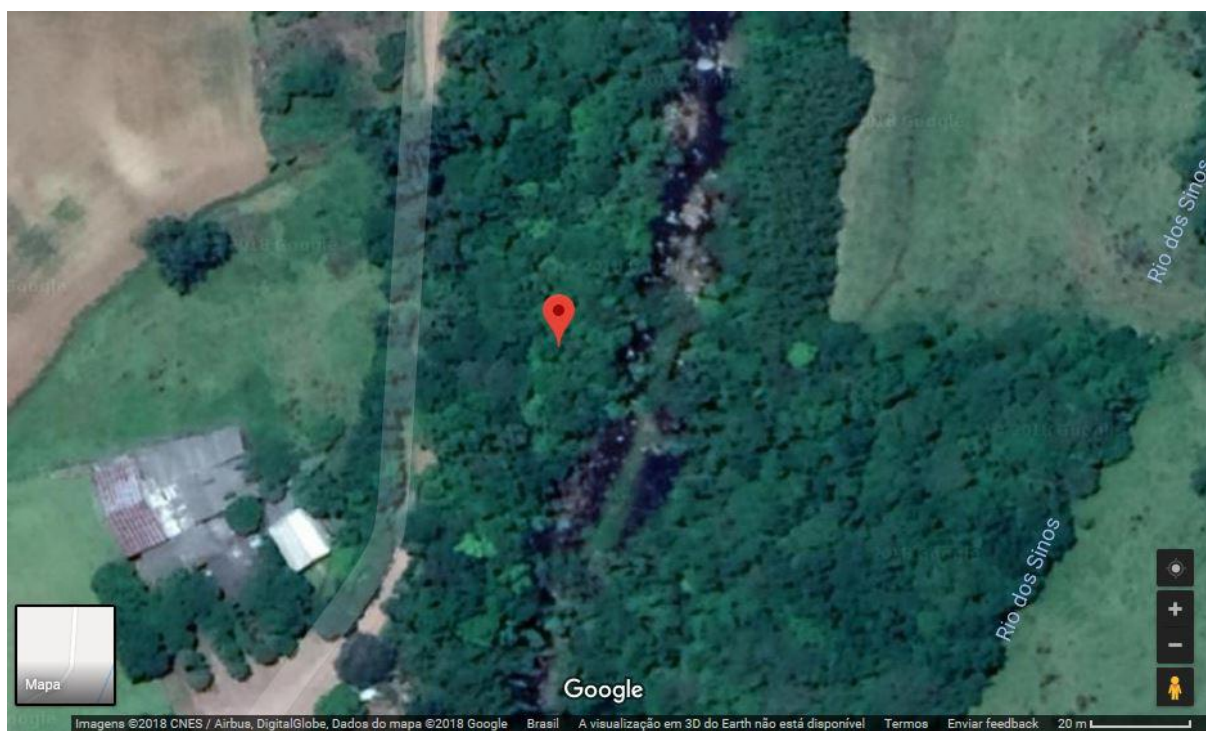


Figura 9 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e enquadramento segundo Plano SINOS. Fonte: MORAES et al., 2018.

Este mapa situa os locais de monitoramento da qualidade de água amostrados pela FEPAM no Rio dos Sinos e as estações fluviométricas operadas pela CPRM. Os resultados dos parâmetros de qualidade desses pontos (referentes ao período amostral de 2010 a 2012) serviram de base para o enquadramento do rio quando do processo de elaboração do Plano de Bacia (COMITESINOS, 2014).

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA FEPAM – QUALIÁGUA

Foram identificados os 11 pontos de monitoramento do Programa Qualiágua – ANA, executado pela FEPAM na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. De cada ponto, foram selecionados e tabelados alguns resultados básicos, como condutividade, DBO, OD, pH, temperatura da água e turbidez.



I) SINOS 188 – Ponto Caraá – Código Estação 87318500 –

Figura 10 – Imagem de Satélite do Ponto Caraá. Fonte Google Maps.

Na Figura 10, representa-se o ponto localizado próximo à nascente do Rio dos Sinos, no município de Caraá/RS. Na Tabela 6, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 6 – Resultados do ponto Caraá.

EST_CÓD_ ANA	Data da coleta	Condutividade e ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DBO (mg O_2/L)	OD (mg O_2/L)	pH	T Água ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (NTU)
87318500	11/07/2016	-	1	-	-	-	-
87318500	10/10/2016	44,3	2	10,21	6,46	12,50	57,00
87318500	11/01/2017	26,7	2	8,80	6,48	20,37	4,40
87318500	18/04/2017	21,8	1	9,26	6,46	17,57	0,40
87318500	18/07/2017	28,5	1	11,17	7,48	9,42	0,40
87318500	17/10/2017	25,1	1	9,72	6,74	16,33	1,97
87318500	09/01/2018	28,5	1	9,09	7,43	19,14	1,10
87318500	10/04/2018	26,8	-	8,97	7,60	19,20	0,83
Média		28,8	1,3	9,6	7,0	16,4	9,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está acima de $9 \text{ mg O}_2/\text{L}$, valor ótimo para manutenção da vida aquática. A média dos valores de

turbidez (9,4 NTU) para o ponto 87318500 foi influenciada pela medição de outubro de 2016 (57,00 NTU).

II) SINOS 121 – Ponto Rolante – Código Estação 87337000



Figura 11 – Imagem de Satélite do Ponto Rolante. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio Rolante, na desembocadura do Rio dos Sinos, no município de Rolante/RS. Na Tabela 7, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 7 – Resultados do ponto Rolante.

EST_CÓD_ ANA	Data da coleta	Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DBO (mg O_2/L)	OD (mg O_2/L)	pH	T Água ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (NTU)
87337000	11/07/2016	-	3	-	-	-	-
87337000	10/10/2016	64,5	3	10,98	8,29	20,50	1,00
87337000	11/01/2017	46,3	2	8,39	7,01	22,02	25,00
87337000	18/04/2017	51,2	1	9,80	7,48	21,70	1,00
87337000	18/07/2017	51,6	1	12,00	8,30	12,66	1,80
87337000	17/10/2017	43,0	1	9,45	6,94	19,44	13,49
87337000	09/01/2018	57,6	2	9,56	7,70	24,34	1,97
87337000	10/04/2018	44,9	-	9,37	7,24	22,63	3,91
	Média	51,3	1,9	9,9	7,6	20,5	6,9

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está próxima de 10 mg O₂/L, valor ótimo para manutenção da vida aquática. A média dos valores de turbidez (6,9 NTU) para o ponto 87337000 foi influenciada pela medição de janeiro de 2017 (25,00 NTU), pois a tendência é de valores menores para este ponto.

III) SINOS 096 – Ponto Parobé – Código Estação 87376800

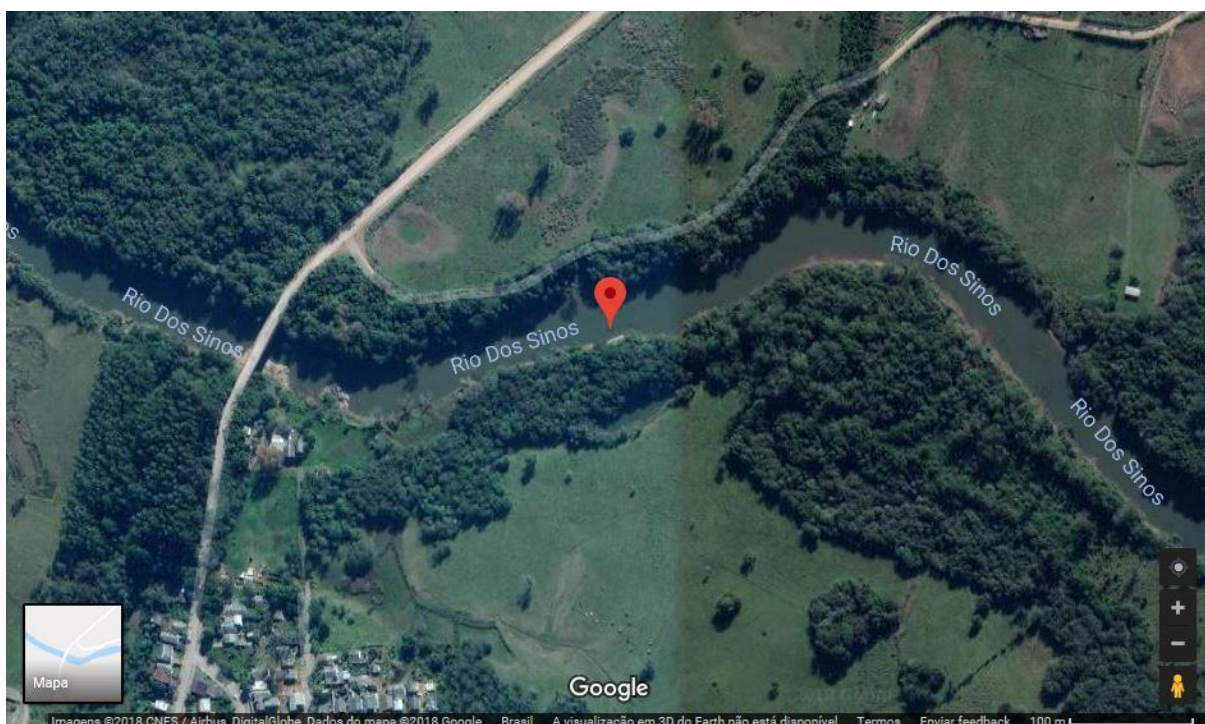


Figura 12 – Imagem de Satélite do Ponto Parobé. Fonte: Google Maps.

Está localizado no Rio dos Sinos, no município de Parobé/RS, na localidade de Santa Cristina. Na Tabela 8, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 8 – Resultados do ponto Parobé.

EST_CÓD_ANA	Data da coleta	Condutividade (µs/cm)	DBO (mg O ₂ /L)	OD (mg O ₂ /L)	pH	T Água (°C)	Turbidez (NTU)
87376800	11/07/2016		6				
87376800	10/10/2016	66,7	2	8,40	7,15	20,30	5,00
87376800	11/01/2017	52,2	2	5,76	6,67	25,02	51,50
87376800	18/04/2017	58,5	1	7,92	7,21	22,28	3,50
87376800	18/07/2017	71,5	1	9,66	7,60	13,21	4,80
87376800	17/10/2017	51,9	2	6,26	6,47	21,13	37,72
87376800	09/01/2018	68,5	1	7,20	7,01	27,47	7,97
87376800	10/04/2018	65,8	1	7,08	6,78	23,72	15,80
	Média	62,2	2,0	7,5	7,0	21,9	18,0

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com os resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD foi de 7,5mg O₂/L, valor adequado para a manutenção da vida aquática. Os valores de condutividade (média de 62,2 NTU) para o ponto 87376800 apresentaram pouca variação, permanecendo abaixo de 100µs/s, o que não indica influência de efluentes industriais.

IV) SINOS 066 – Ponto Campo Bom – Código da Estação 87377800

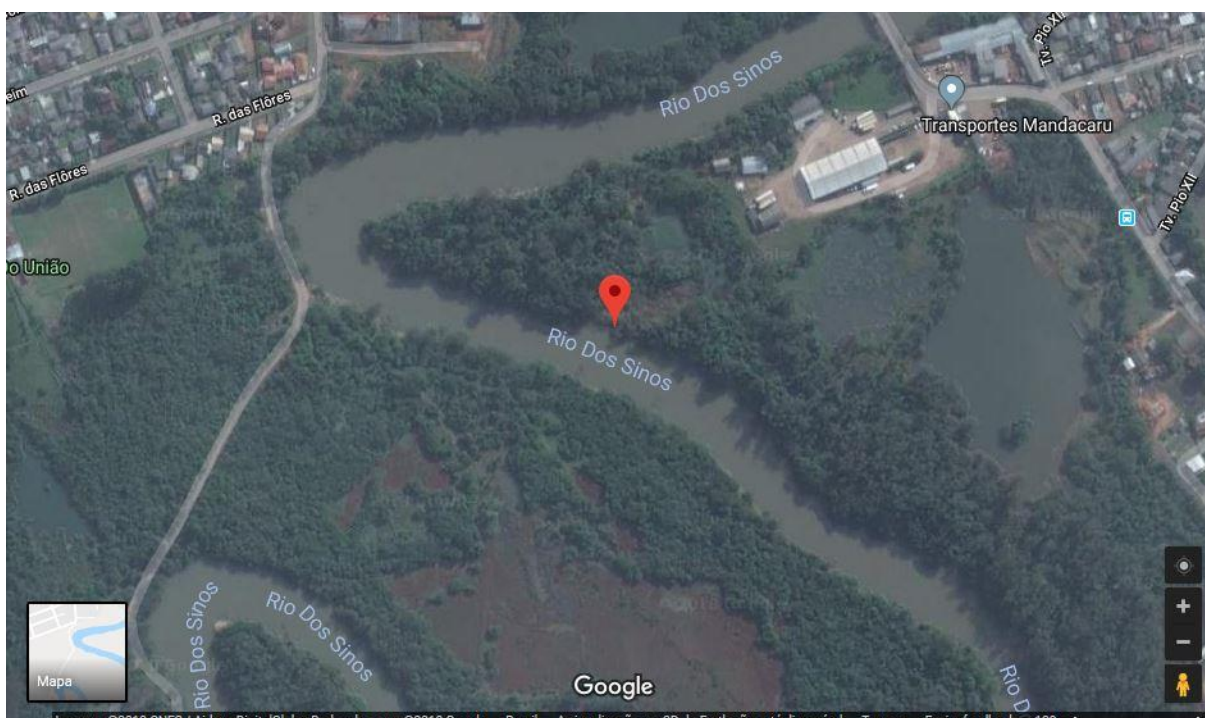


Figura 13 – Imagem de Satélite do Ponto Campo Bom. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, no município de Campo Bom/RS, próximo à Estação de Captação de Água da CORSAN. Na Tabela 9, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 9 – Resultados do ponto Campo Bom.

EST_CÓD_ ANA	Data da coleta	Condutividade (µs/cm)	DBO (mg O ₂ /L)	OD (mg O ₂ /L)	pH	T Água (°C)	Turbidez (NTU)
87377800	12/07/2016	73,9	8	7,620	6,71	14,58	139,00
87377800	17/10/2016	32,8	3	6,18	6,51	21,57	69,00
87377800	10/01/2017	52,1	2	4,09	6,38	25,52	182,00
87377800	17/04/2017	59,8	3	6,54	6,82	21,51	7,00
87377800	17/07/2017	79,2	5	6,37	7,30	16,24	9,50
87377800	16/10/2017	51,5	1	5,51	6,31	20,17	49,60
87377800	08/01/2018	76,4	1	5,85	6,75	26,22	16,66
87377800	09/04/2018	64,6	1	6,35	7,11	23,12	23,51

Média	61,3	3,0	6,1	6,7	21,1	62,0
--------------	-------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD já é menor que os resultados dos pontos à montante. A média dos valores de turbidez (62,0 NTU), entretanto, é mais elevada nesse ponto e também foi influenciada pela medição de janeiro de 2017 (182,0 NTU).

V) SINOS 056 – Ponto Novo Hamburgo – Código da Estação 87380010/87380015



Figura 14 – Imagem de Satélite do Ponto Novo Hamburgo. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, no município de Novo Hamburgo/RS, próximo à Estação de Captação de Água da COMUSA. Na Tabela 10, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 10 – Resultados do ponto Novo Hamburgo.

EST_CÓD_ANA	Data da coleta	Condutividade de ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DBO ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	OD ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	pH	T Água ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (NTU)
87380010	12/07/2016	75,9	13	6,39	6,56	14,58	176,00
87380010	17/10/2016	67,8	5	6,06	6,69	21,46	105,00
87380010	10/01/2017	46,2	2	4,30	6,45	25,60	204,80
87380010	17/04/2017	70,4	3	5,22	6,75	21,69	8,10
87380015	17/07/2017	79,5	4	6,18	7,20	16,77	9,70
87380015	18/10/2017	52,8	2	5,64	6,46	21,50	39,50

87380015	08/01/2018	80,9	3	4,65	6,55	27,33	28,21
87380015	12/04/2018	79,0	5	5,60	7,18	24,10	24,60
Média		69,1	4,6	5,5	6,7	21,6	74,5

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está próxima de 5mg O₂/L, valor limite para manutenção da vida aquática. A média dos valores de turbidez (74,5 NTU) para o ponto Novo Hamburgo foi influenciada pelas medições de julho e outubro de 2016, mas principalmente pelo resultado de janeiro de 2017 (25,00 NTU).

VI) SINOS 048 – Ponto São Leopoldo 01 – Código da Estação 87380030

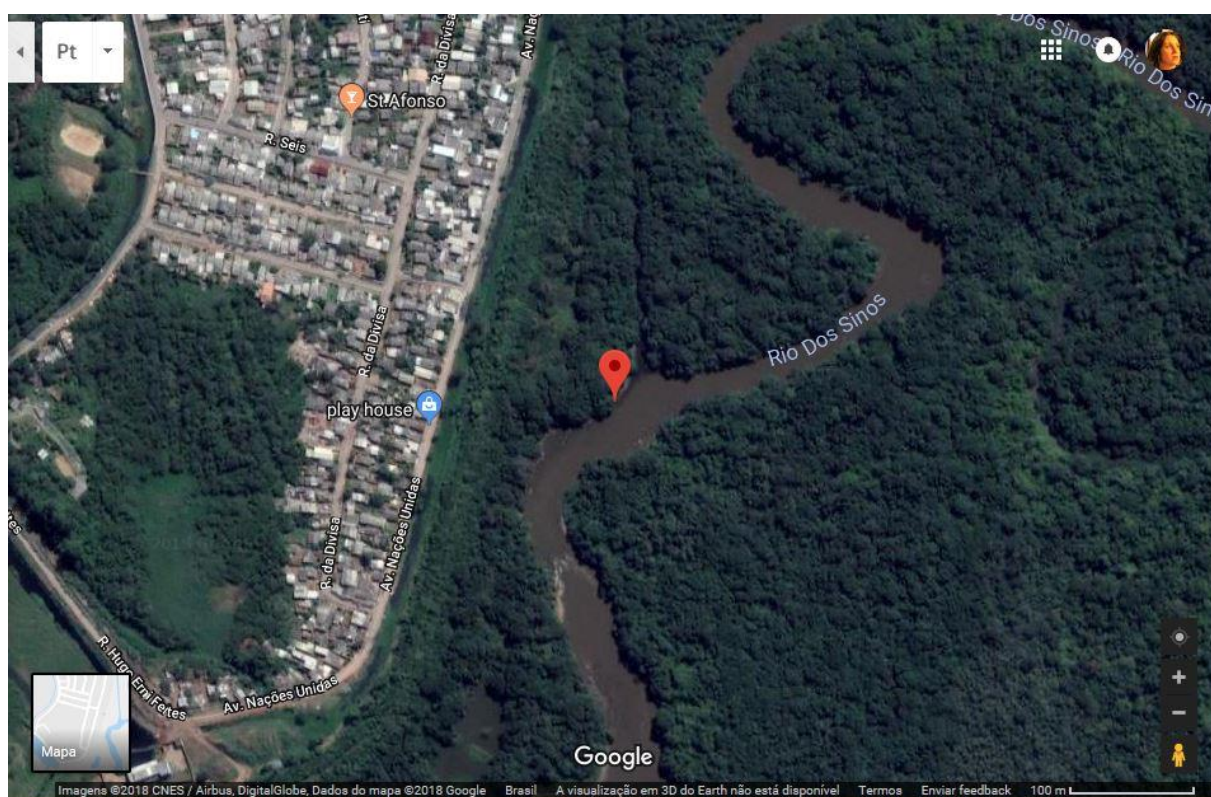


Figura 15 – Imagem de Satélite do Ponto São Leopoldo 01. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, na divisa do município de Novo Hamburgo/RS, na foz do Arroio Luiz Rau. Na Tabela 11, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 11 – Resultados do ponto São Leopoldo 01.

EST_CÓD _ANA	Data da coleta	Condutividade (μ s/cm)	DBO (mg O ₂ /L)	OD (mg O ₂ /L)	pH	T Água (°C)	Turbidez (NTU)
87380030	12/07/2016	88,0	4	6,74	6,71	14,95	96,00
87380030	17/10/2016	82,1	7	6,71	6,84	20,55	66,00

87380030	10/01/2017	0,7	2	8,52	5,23	26,50	0,80
87380030	17/04/2017	68,7	7	4,65	6,73	21,50	8,40
87380030	17/07/2017	81,9	8	5,31	7,11	16,16	11,30
87380030	18/10/2017	52,8	1	5,37	6,39	21,30	37,10
87380030	08/01/2018	83,7	5	4,27	6,49	26,90	17,45
87380030	12/04/2018	83,1	5	5,18	6,76	24,25	22,08
Média		67,6	4,9	5,8	6,5	21,5	32,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está acima de 5mg O₂/L, valor limite para a manutenção da vida aquática. A média dos valores de turbidez, entretanto, não é alta (32,4 NTU). A medição de janeiro/17 se mostrou incoerente para o ponto.

VII) SINOS 044 – Ponto São Leopoldo 02 – Código da Estação 87381800

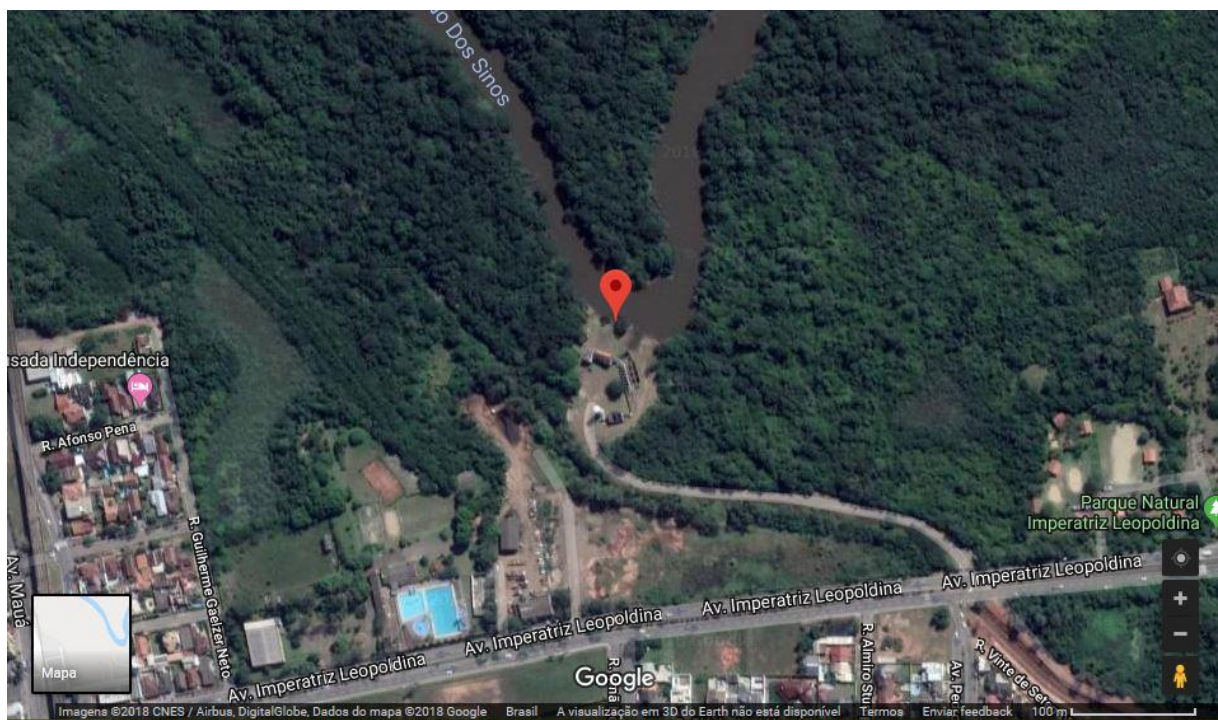


Figura 16 – Imagem de Satélite do Ponto São Leopoldo 02. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, no município de São Leopoldo/RS, próximo à Estação de Captação de Água do SEMAE. Na Tabela 12, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 12 – Resultados do ponto São Leopoldo 02.

EST_CÓD_ ANA	Data da coleta	Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DBO (mg O_2/L)	OD (mg O_2/L)	pH	T Água ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (NTU)
87381800	12/07/2016	74,2	8	6,57	6,63	14,68	129,00
87381800	17/10/2016	82,4	9	5,37	6,77	21,16	81,00
87381800	10/01/2017	49,1	2	4,24	6,43	25,06	245,00
87381800	17/04/2017	74,1	3	4,49	6,73	21,75	8,80
87381800	17/07/2017	93,6	8	4,76	7,14	16,09	14,30
87381800	18/10/2017	53,1	2	5,09	6,40	21,30	-
87381800	08/01/2018	91,0	2	4,25	6,52	26,93	17,35
87381800	12/04/2018	90,8	5	5,00	6,83	24,40	20,34
Média		76,0	4,9	5,0	6,7	21,4	73,7

Fonte: Elaborado pela Autora

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD é igual a $5\text{mg O}_2/\text{L}$, valor limite para manutenção da vida aquática. A média dos valores de turbidez (73,7 NTU) para o ponto 87381800 foi influenciada pela medição de janeiro de 2017 (245 NTU), que foi um dos maiores valores medidos entre os pontos avaliados durante a campanha de monitoramento.

VIII) SINOS 038 – Ponto São Leopoldo 03 – Código da Estação 87382010



Figura 17 – Imagem de Satélite do Ponto São Leopoldo 03. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, no município de São Leopoldo/RS, à jusante da foz do Arroio João Corrêa. Na Tabela 13, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 13 – Resultados do ponto São Leopoldo 03.

EST_CÓD_ ANA	Data da coleta	Condutividade (μs/cm)	DBO (mg O₂/L)	OD (mg O₂/L)	pH	T Água (°C)	Turbidez (NTU)
87382010	12/07/2016	90,4	5	6,85	6,71	14,76	83,00
87382010	17/10/2016	80,7	7	5,87	6,78	21,09	71,00
87382010	10/01/2017	54,4	3	3,88	6,37	25,00	263,10
87382010	17/04/2017	94,8	8	2,75	6,73	21,81	7,90
87382010	17/07/2017	107,2	8	3,81	7,12	16,40	12,20
87382010	18/10/2017	56,3	2	5,17	6,45	21,50	40,95
87382010	10/01/2018	110,6	2	3,25	6,62	26,83	16,10
87382010	18/04/2018	117,4	1	4,10	6,81	22,35	18,65
Média		89,0	4,5	4,5	6,7	21,2	64,1

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está abaixo de 5mg O₂/L, valor limite para manutenção da vida aquática. A média dos valores de turbidez (64,1 NTU) para o ponto 87382010 foi influenciada pela medição de janeiro de 2017 (263,10 NTU), que foi um dos maiores valores medidos entre os pontos avaliados durante a campanha.

IX) SINOS 036 – Ponto Portão – Código da Estação 87382020

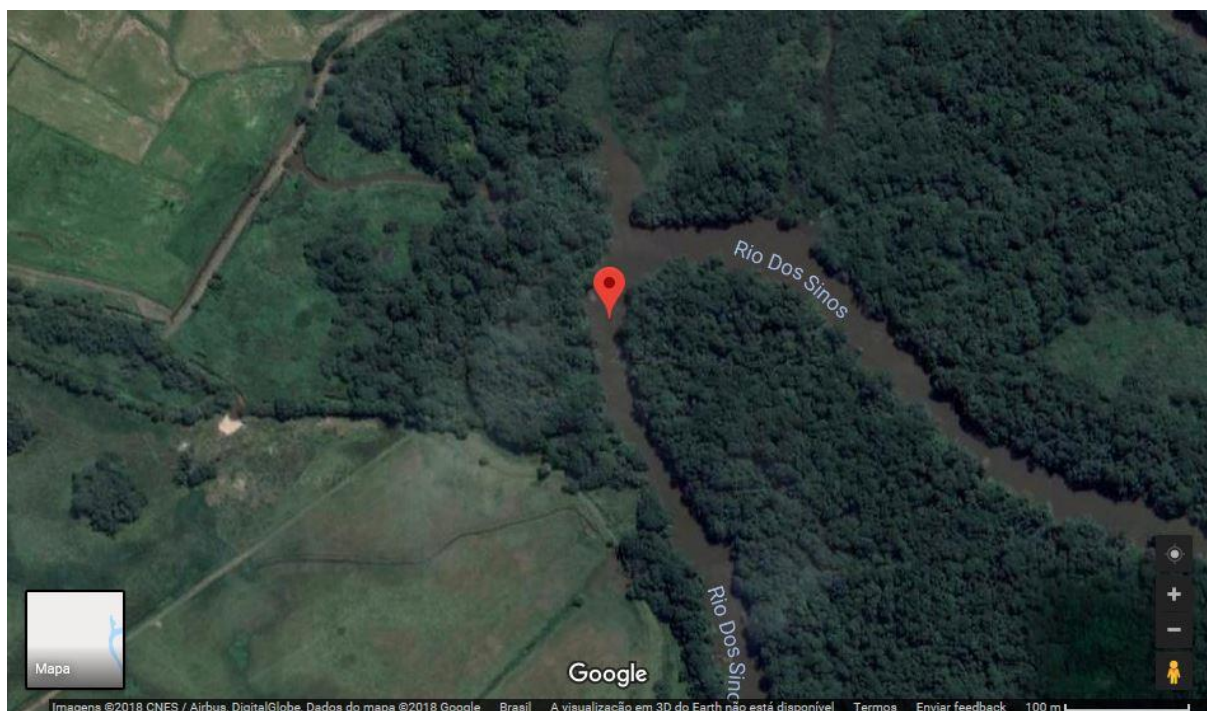


Figura 18 – Imagem de Satélite do Ponto Portão. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, no município de Portão/RS, na foz do Arroio Portão. Na Tabela 14, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 14 – Resultados do ponto Portão.

EST_CÓD_ ANA	Data da coleta	Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DBO (mg O_2/L)	OD (mg O_2/L)	pH	T Água ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (NTU)
87382020	13/07/2016	129,9	3	3,76	6,29	19,60	141,00
87382020	13/10/2016	456,6	13	4,54	6,94	21,04	16,00
87382020	12/01/2017	64,2	1	3,10	6,30	25,10	112,40
87382020	19/04/2017	94,7	2	2,39	6,66	21,70	5,30
87382020	19/07/2017	104,0	2	5,25	7,11	14,07	7,10
87382020	26/10/2017	68,4	1	5,40	6,64	19,57	25,09
87382020	10/01/2018	117,2	1	2,83	6,56	27,05	14,15
87382020	18/04/2018	123,6	1	3,41	6,81	22,45	16,79
Média		144,8	3,0	3,8	6,7	21,3	42,2

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está menor que $4,0\text{mg O}_2/\text{L}$, valor prejudicial para manutenção da vida aquática. A média dos

valores de condutividade elétrica (144,8 $\mu\text{s/s}$) indicam influência dos despejos de fontes industriais.

X) Sinos 028 – Ponto Sapucaia do Sul – Código da Estação 87382025



Figura 19 – Imagem de Satélite do Ponto Sapucaia do Sul. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos, no município de Sapucaia do Sul/RS, na localidade Passo do Carioca. Na Tabela 15, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 15 – Resultados do ponto Sapucaia do Sul.

ESTAÇÃO_ CÓDIGO_ ANA	Data da coleta	Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)	DBO (mg O_2/L)	OD (mg O_2/L)	pH	T Água ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (NTU)
87382025	13/07/2016	74,1	4	6,48	6,50	14,40	140,00
87382025	13/10/2016	139,1	1	2,57	6,54	22,08	6,00
87382025	12/01/2017	66,3	1	3,04	6,43	25,20	118,30
87382025	19/04/2017	92,8	2	2,84	6,73	22,10	6,20
87382025	19/07/2017	109,6	3	4,88	7,06	14,35	6,40
87382025	18/10/2017	57,3	2	4,40	6,37	21,39	40,08
87382025	10/01/2018	108,3	2	2,43	6,51	27,00	11,95
87382025	18/04/2018	124,1	1	2,95	6,72	22,86	13,35
	Média	96,5	2,0	3,7	6,6	21,2	42,8

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está menor que 4,0mg O₂/L, valor prejudicial para manutenção da vida aquática. A média dos valores de condutividade elétrica (96,5 µs/s) pode indicar influência dos despejos de fontes industriais.

XI) SINOS 008 – Ponto Nova Santa Rita – Código Estação 87385040



Figura 20 – Imagem de Satélite do Ponto Nova Santa Rita. Fonte: Google Maps.

O ponto está localizado no Rio dos Sinos no município de Nova Santa Rita – RS, embaixo da ponte da BR 386 (Tabaí – Canoas). Na Tabela 16, estão os resultados medidos nas campanhas de coleta de 2016, 2017 e 2018.

Tabela 16 – Resultados do ponto Nova Santa Rita.

ESTAÇÃO _CÓDIGO_ ANA	Data da coleta	Condutividade (µs/cm)	DBO (mg O ₂ /L)	OD (mg O ₂ /L)	pH	T Água (°C)	Turbidez (NTU)
87385040	13/07/2016	93,1	2	5,16	6,26	14,80	139,00
87385040	24/10/2016	53,9	2	3,72	6,41	21,50	26,00
87385040	12/01/2017	66,6	1	2,64	6,35	25,80	141,60
87385040	19/04/2017	134,9	2	2,30	6,76	23,11	2,90
87385040	19/07/2017	142,1	2	2,07	6,99	16,15	5,60
87385040	19/10/2017	65,5	4	4,79	6,42	21,62	63,80
87385040	10/01/2018	125,6	1	2,99	6,61	27,55	16,70
87385040	18/04/2018	149,8	1	1,71	6,76	23,83	14,72
	Média	103,9	1,9	3,2	6,6	21,8	51,3

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com os resultados das análises, observa-se que a média dos valores de OD está próximo de 3,0mg O₂/L, valor prejudicial para manutenção da vida aquática. A média dos valores de condutividade elétrica (103,9 µs/s) também indicam influência dos despejos de fontes industriais e agrícolas.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUALIÁGUA – BH SINOS POR CAMPANHA DE AMOSTRAGEM

Os gráficos a seguir ilustram a análise dos resultados dos parâmetros: condutividade, O.D, pH, temperatura e turbidez dos pontos monitorados pela FEPAM na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Foram agrupados os resultados por período de amostragem: janeiro, abril, julho e outubro de 2017 e janeiro e abril de 2018.

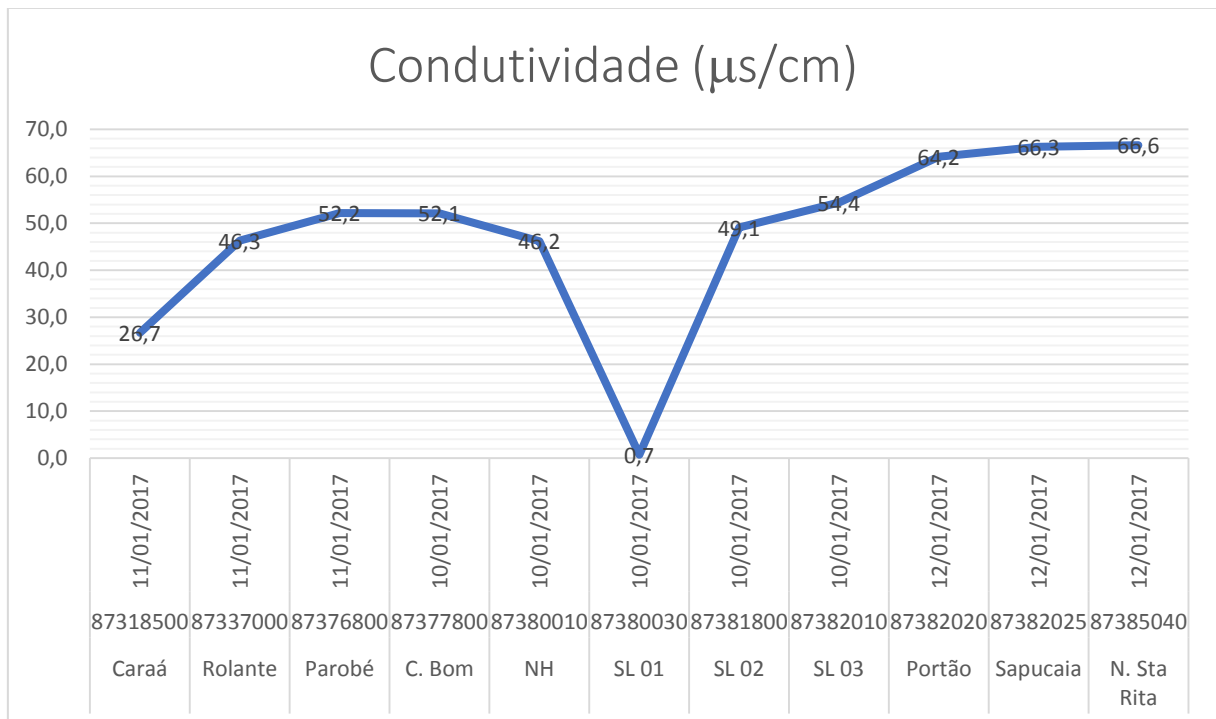


Figura 21 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

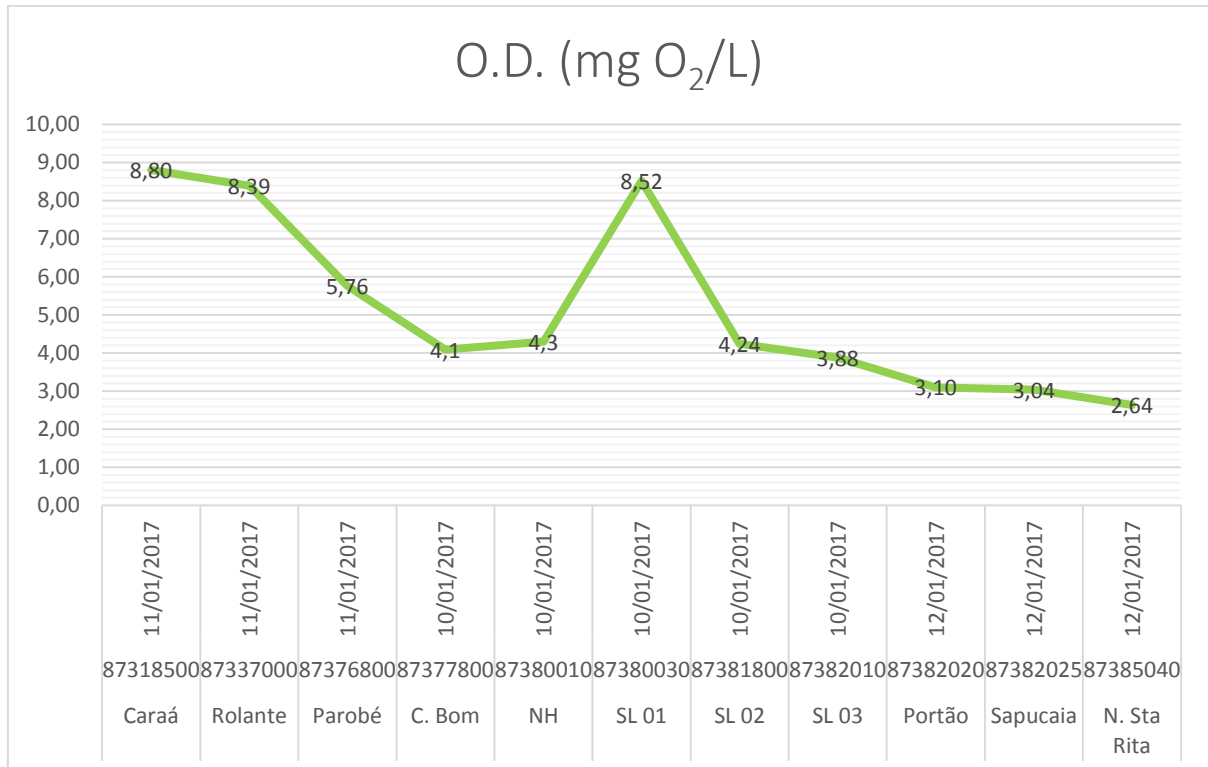


Figura 22 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.

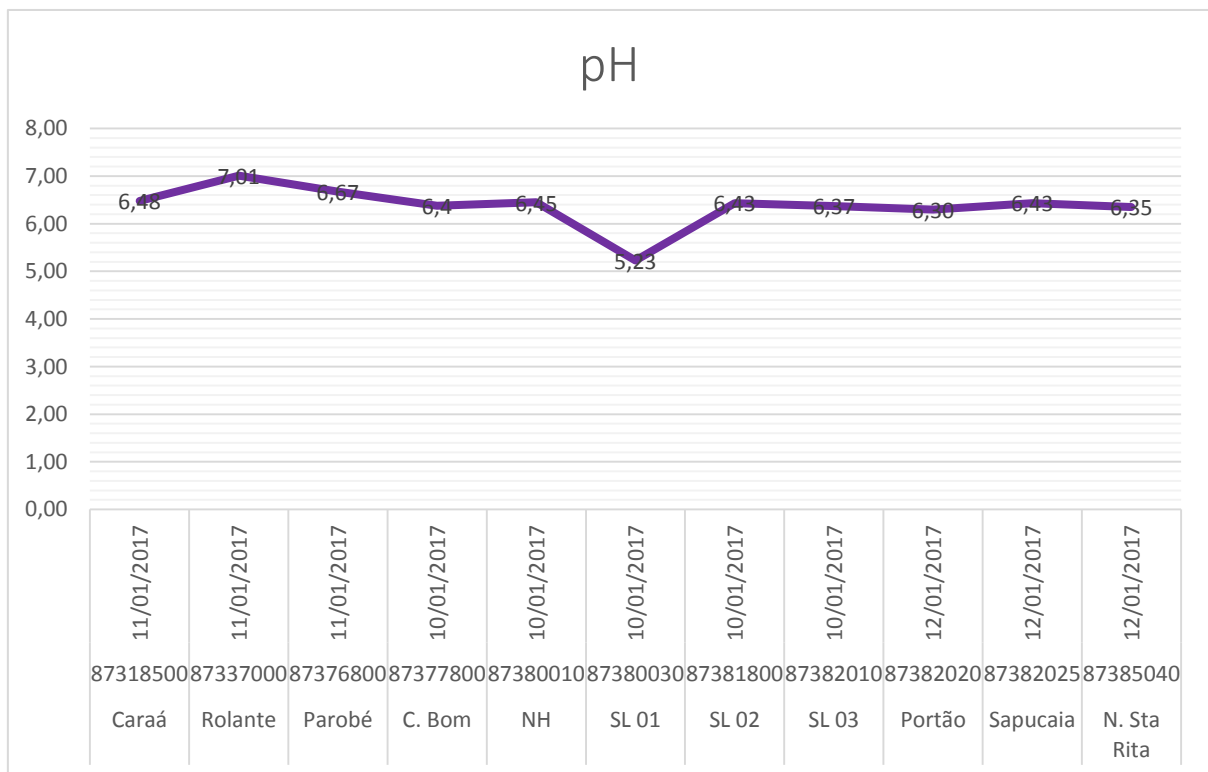


Figura 23 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.

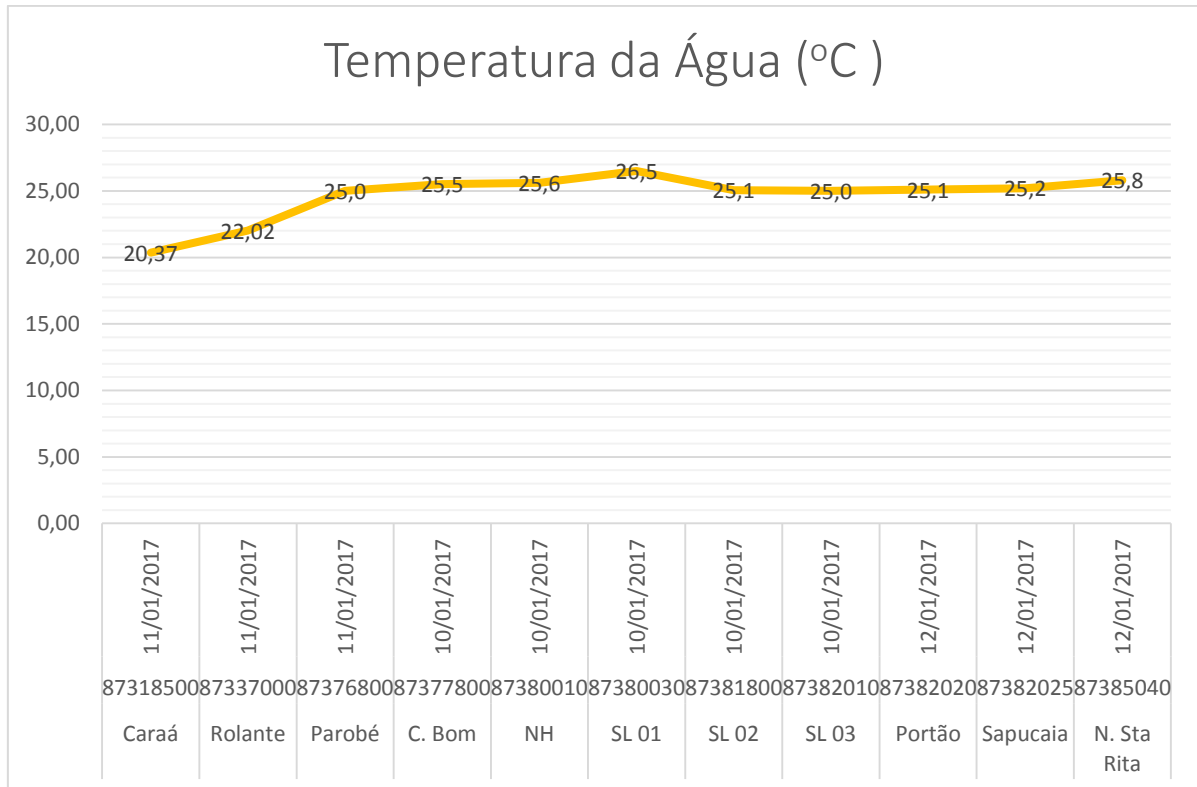


Figura 24 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

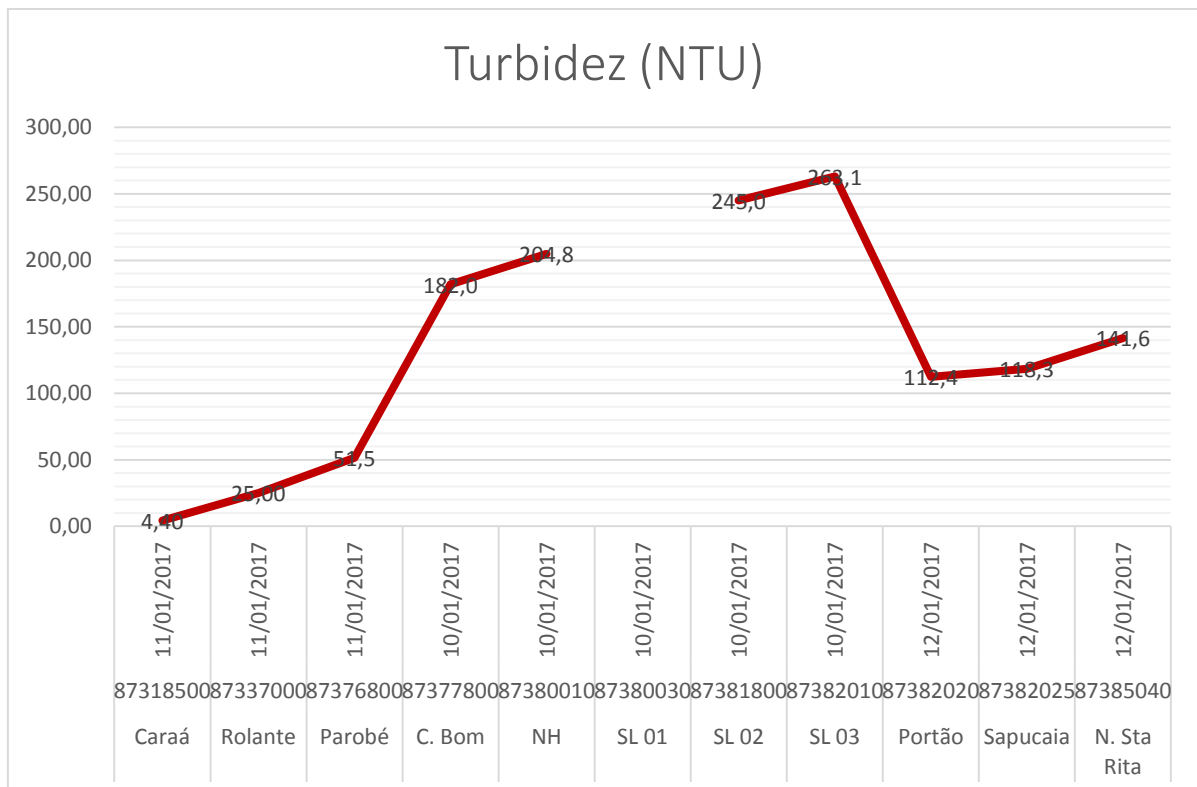


Figura 25 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em janeiro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

Com base nos resultados da campanha de janeiro/2017, observa-se a influência do evento de Rolante (escorregamento de massa) ocorrido no dia 05/01/2017, quando influenciou a qualidade de água à jusante. Pode-se observar na Figura 25, que os valores de turbidez dos pontos localizados no Rio dos Sinos a partir do município de Parobé aumentaram: há pontos em que foram medidos valores acima de 100 NTU atingindo valores de até 263,1 NTU. Excetuando-se o ponto São Leopoldo 1 (87381800), onde foi obtido o valor de 0,8 NTU, índice que por ser considerado muito abaixo da média observada no ponto, foi descartado na análise gráfica. Os demais resultados dos parâmetros analisados (condutividade, OD e pH) para o ponto SL 01 (figuras 21, 22 e 23) também se mostraram atípicos, se comparados com os pontos adjacentes.

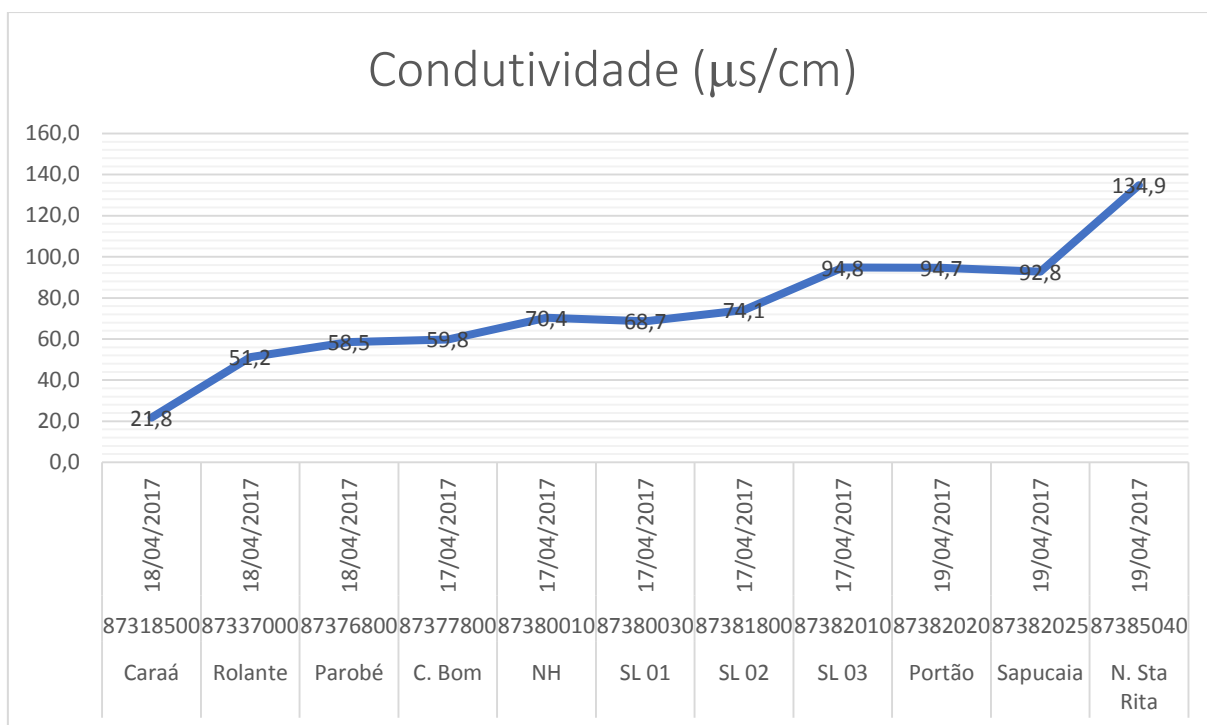


Figura 26 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

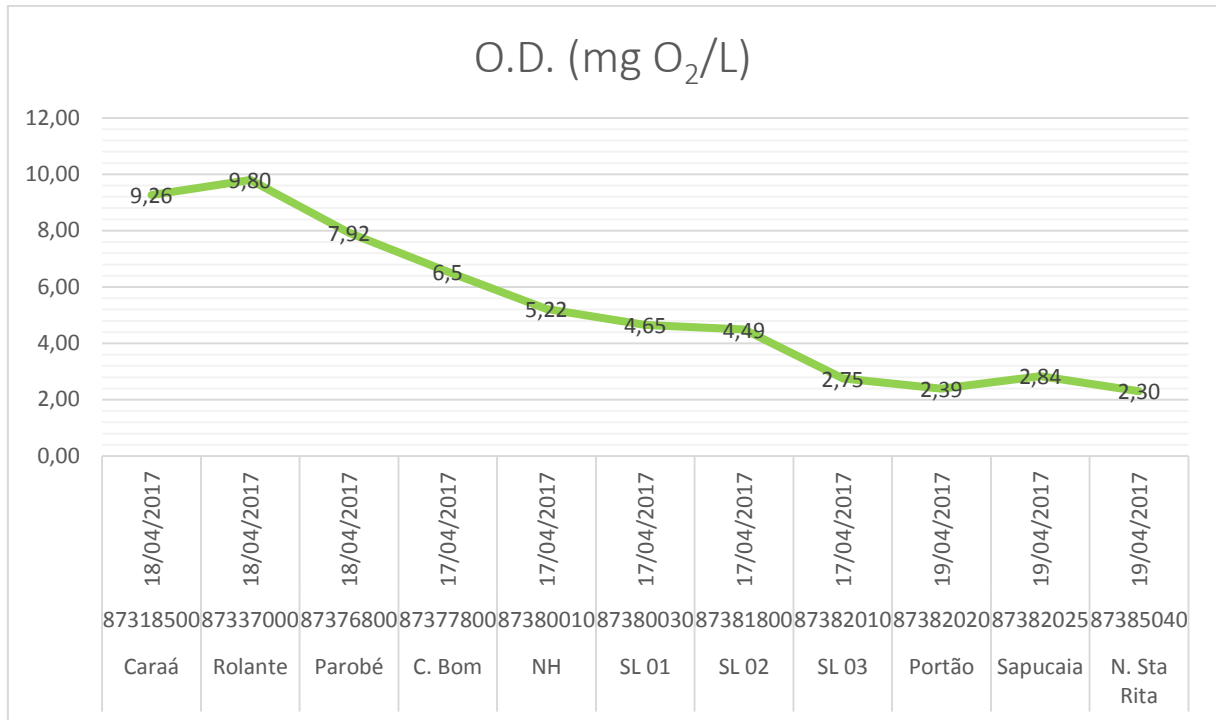


Figura 27 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

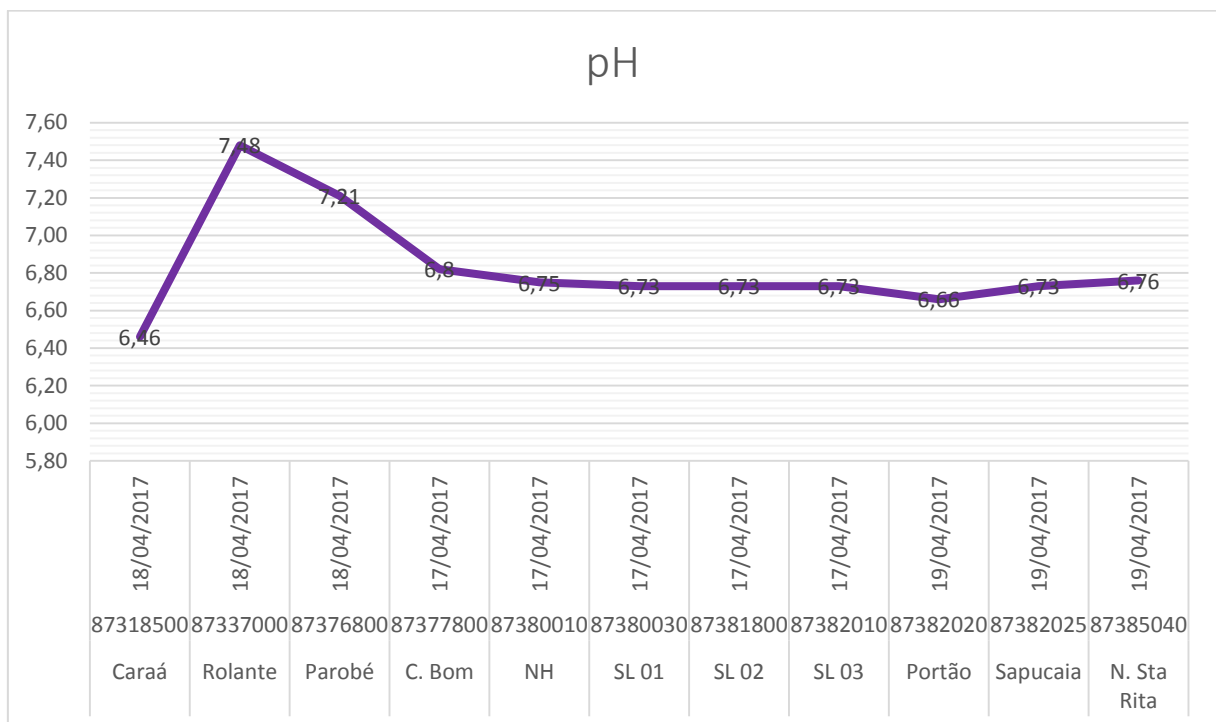


Figura 28 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

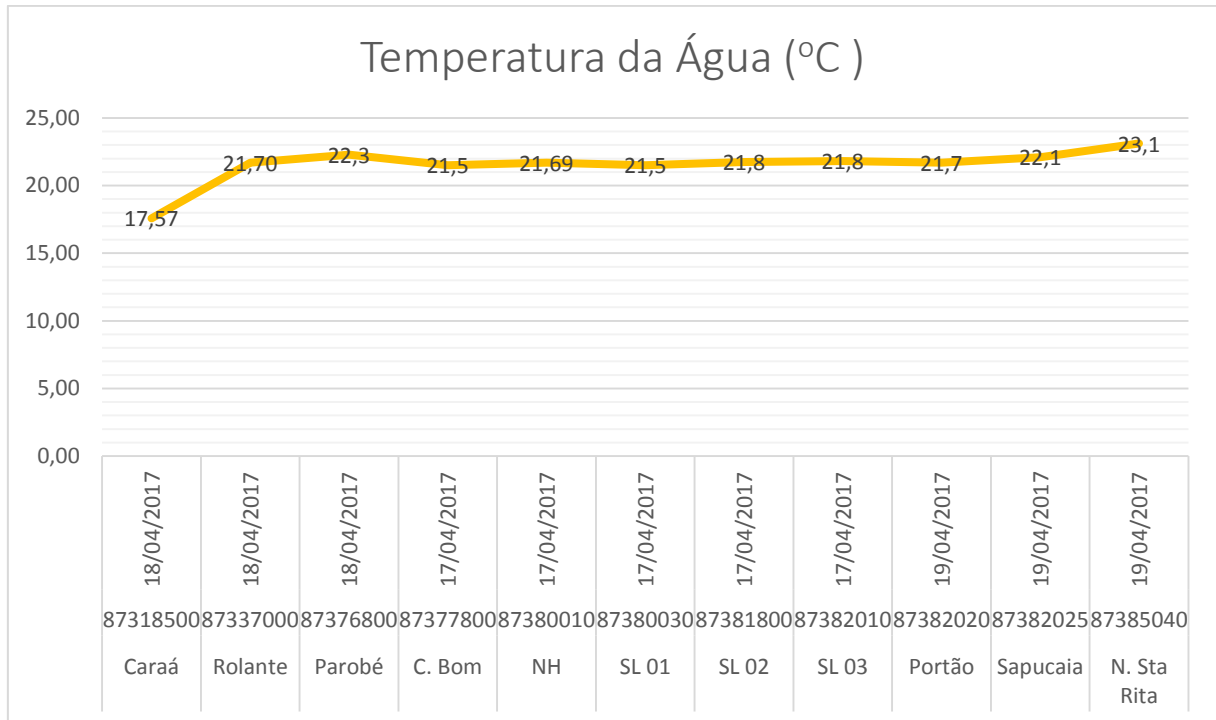


Figura 29 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

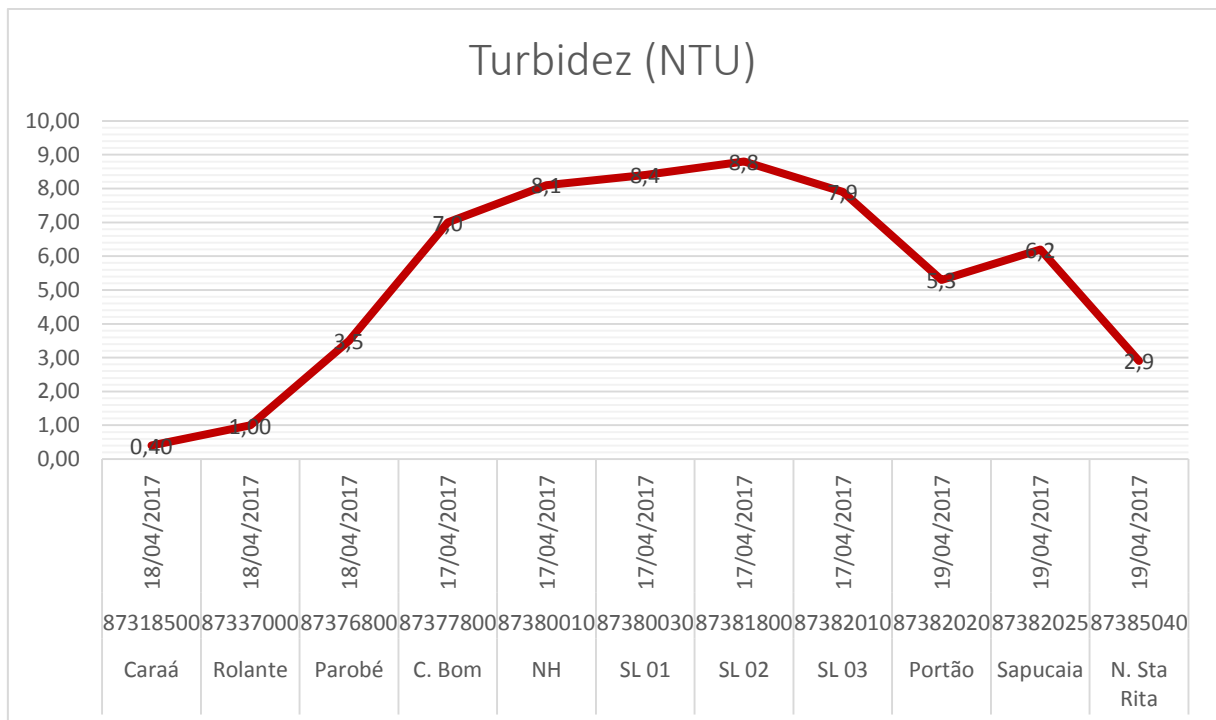


Figura 30 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em abril de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

Na campanha de abril de 2017, observa-se o aumento dos valores de condutividade da nascente em direção a foz (figura 26). Os valores de OD decrescem em direção à foz, variando de 9,26 mg/L de OD em Caraá até 2,3 mg/L em Nova Santa Rita (figura 27) e a temperatura da água fica em torno dos 20°C em todos os pontos (figura 29).

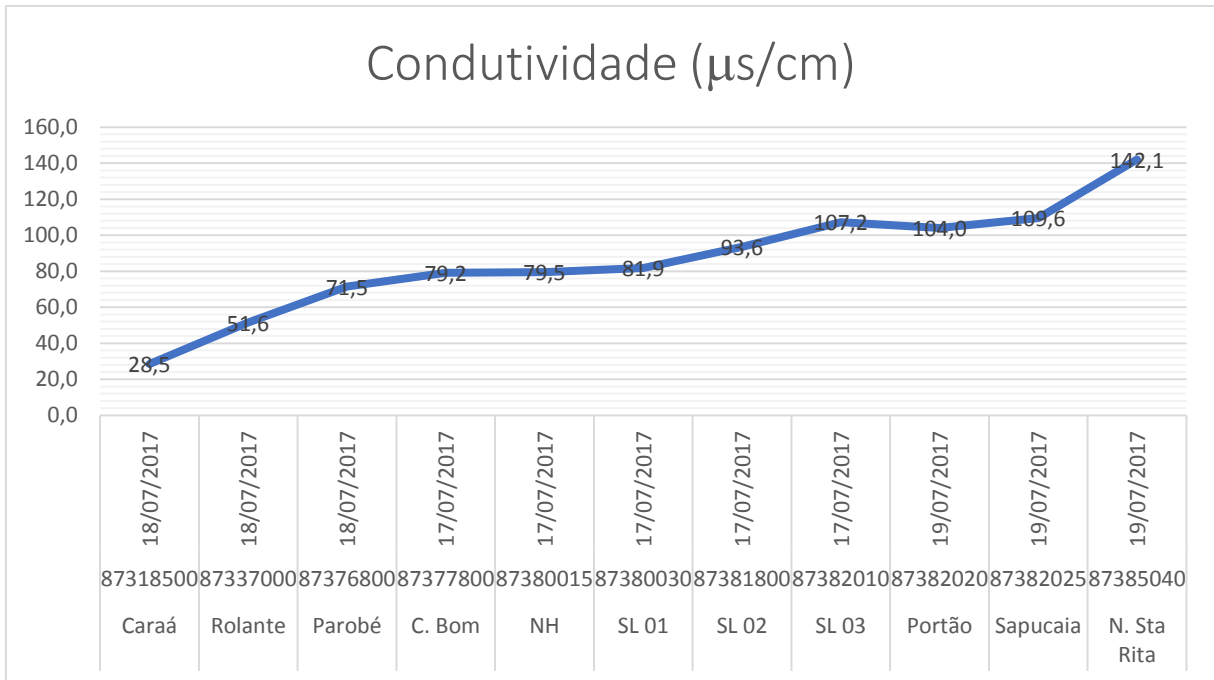


Figura 31 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

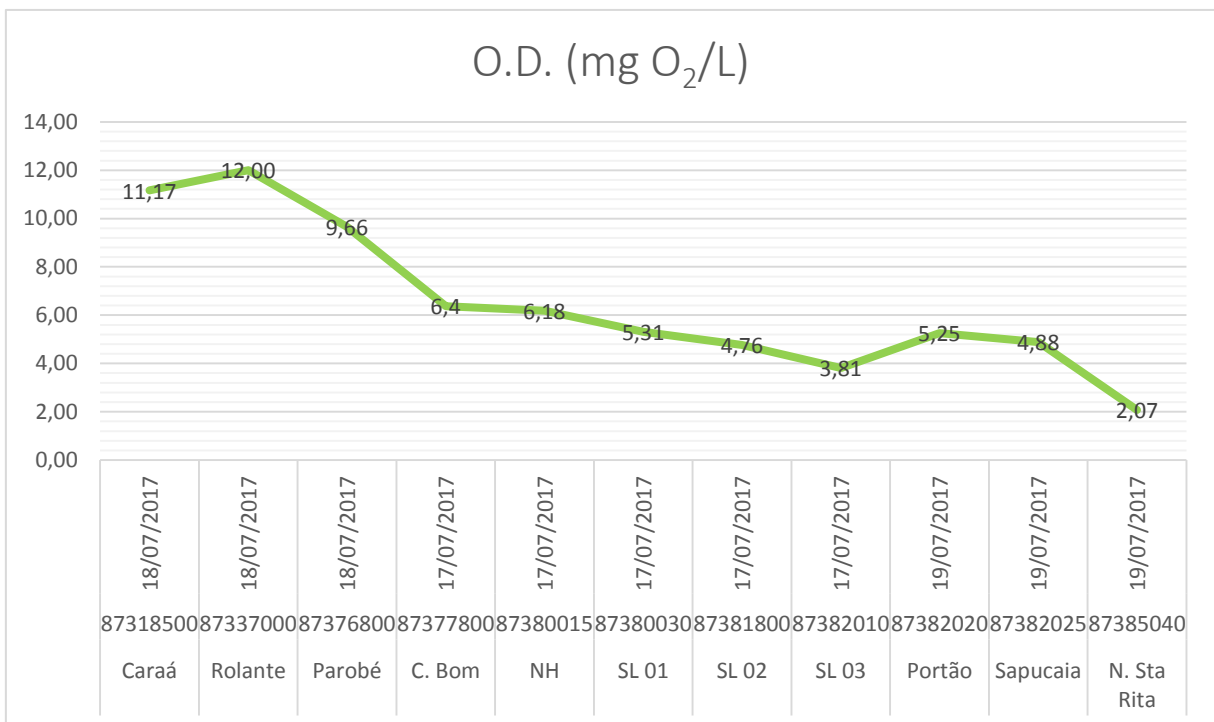


Figura 32 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

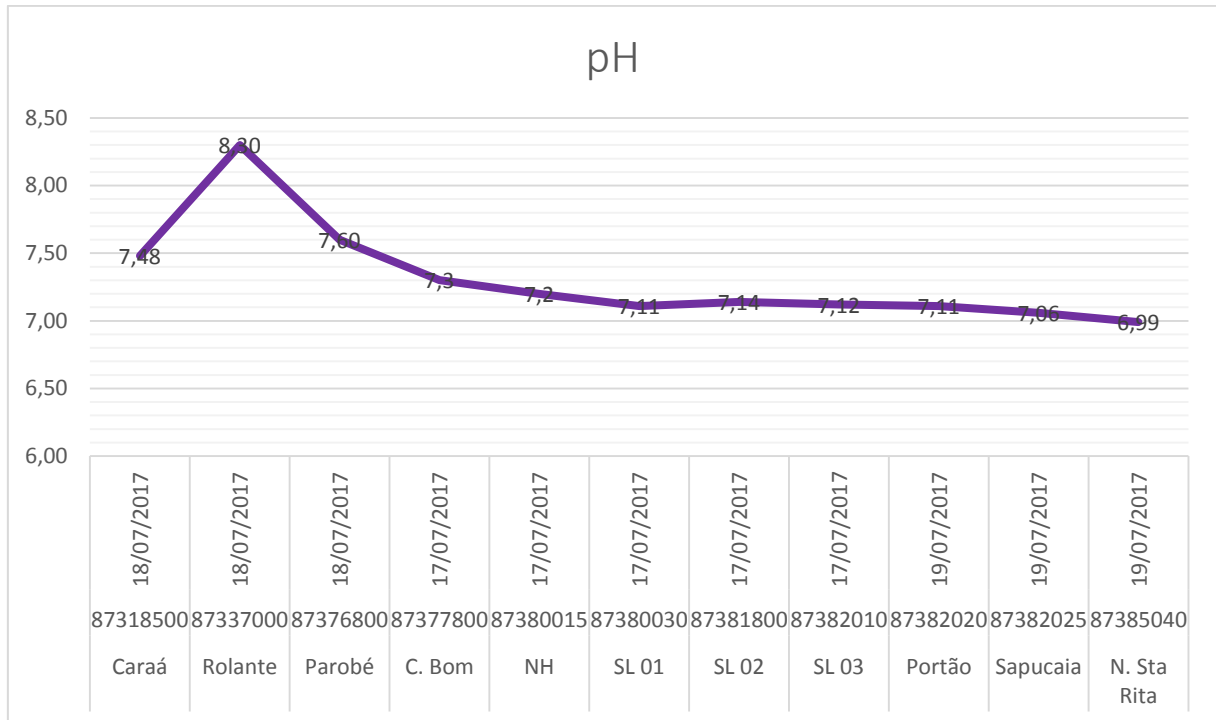


Figura 33 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

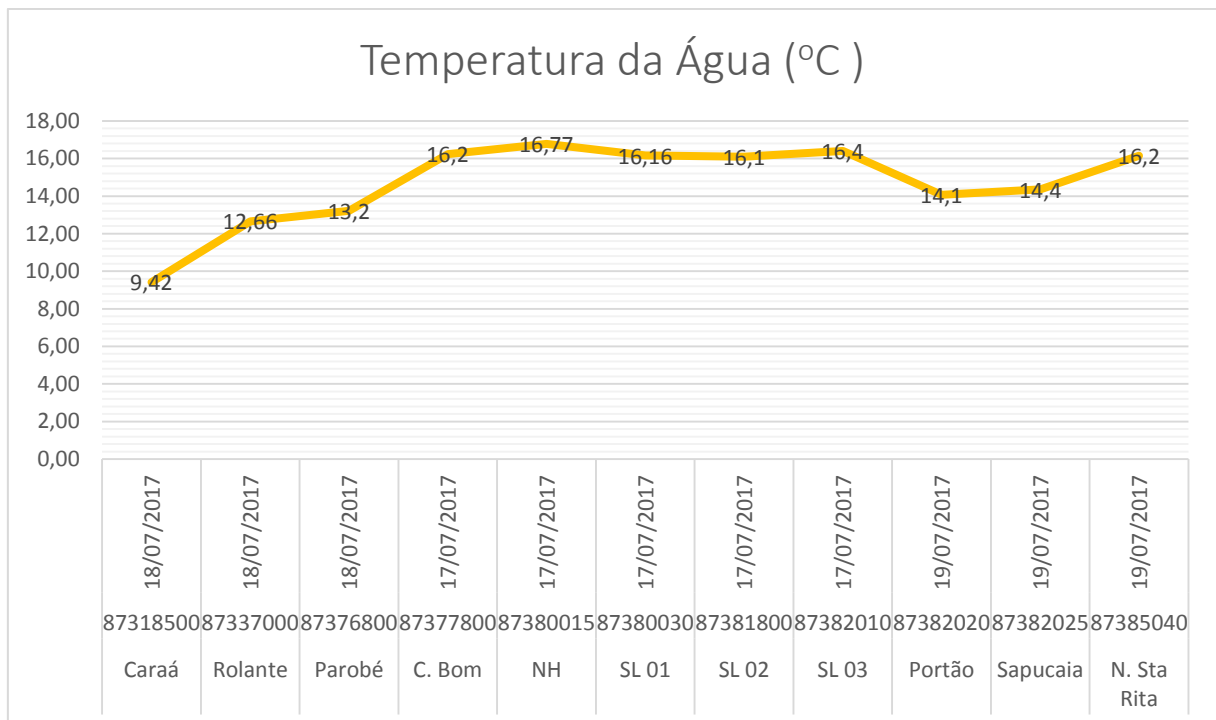
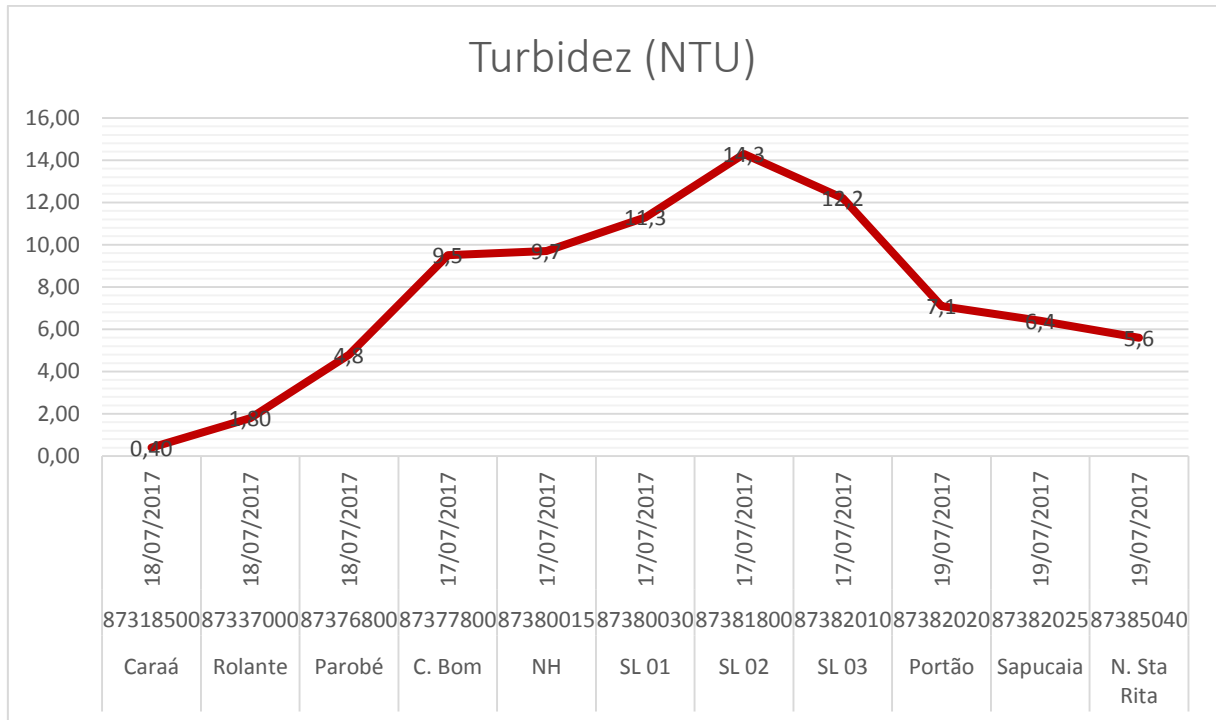


Figura 34 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.



**Figura 35 – Gráfico dos resultados de turbidez) da amostragem realizada em julho de 2017 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.**

Na campanha de julho de 2017, o aumento dos valores de condutividade também se dá da nascente em direção à foz (figura 31). Os valores de OD decrescem muito em direção à foz, variando de 11,17 mg/L de OD em Caraá até 2,17 mg/L em Nova Santa Rita (figura 32). Isso indica a degradação da qualidade de água da bacia por fontes antrópicas. Os valores de turbidez são baixos, não passando de 15 NTU, conforme figura 35.

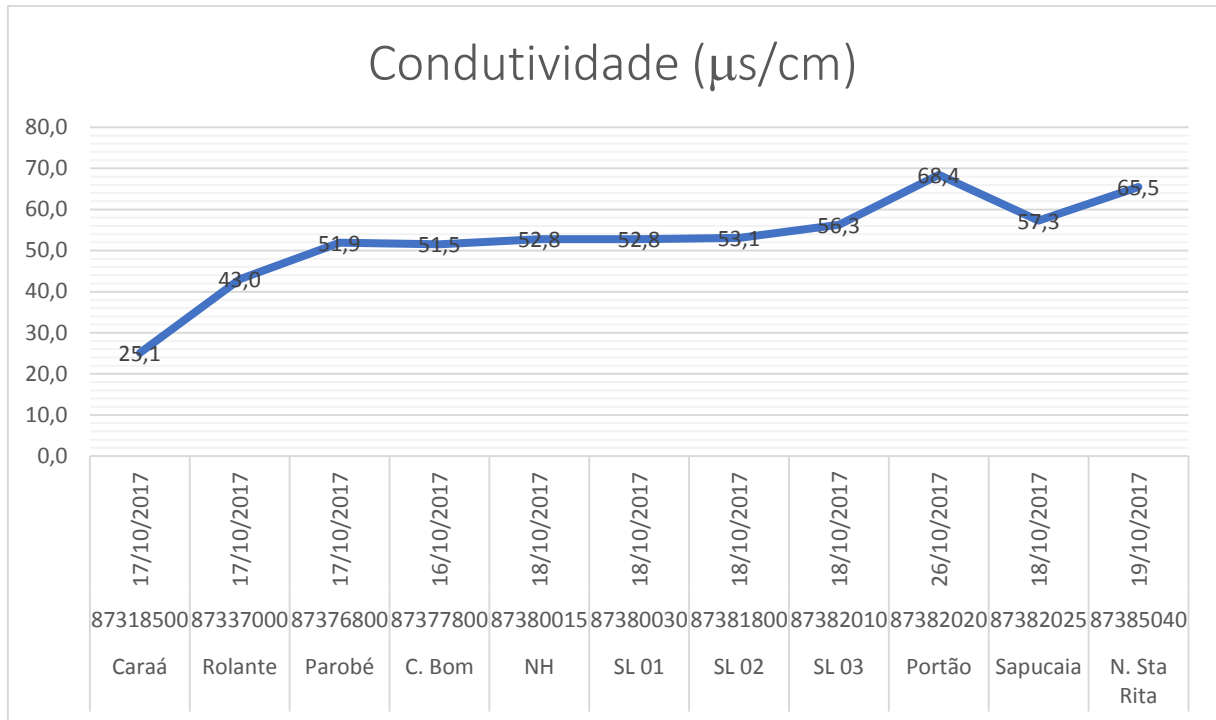


Figura 36 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

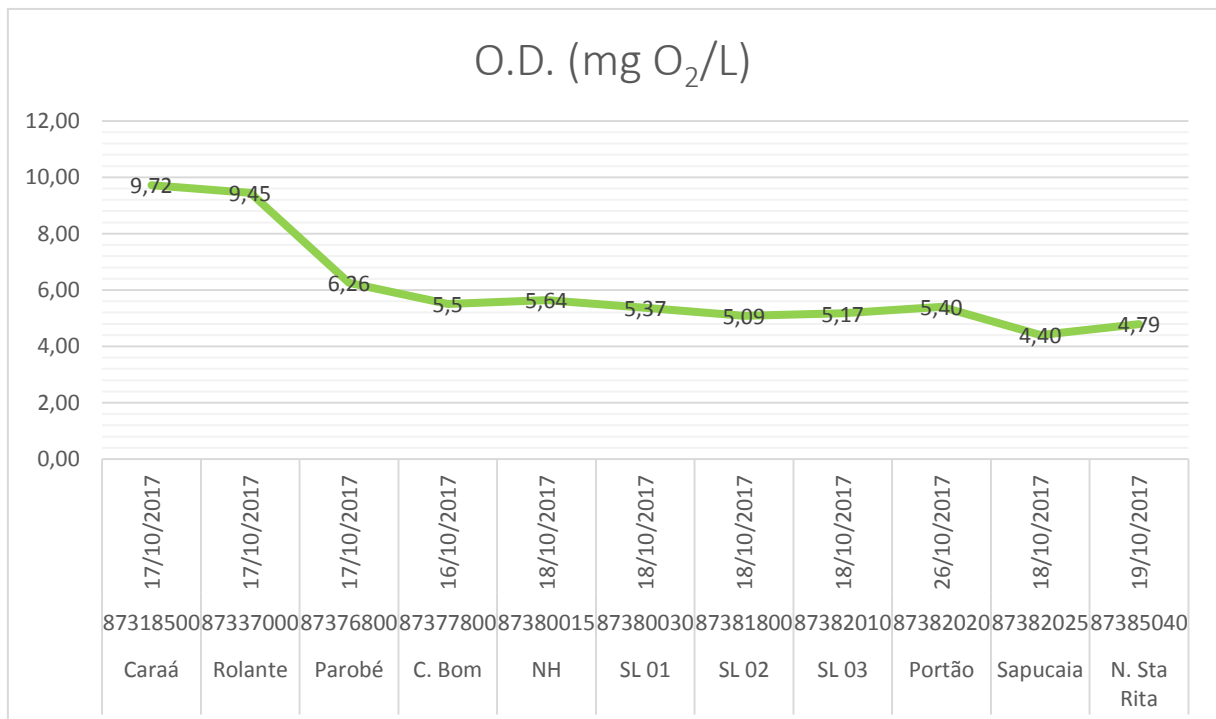


Figura 37 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

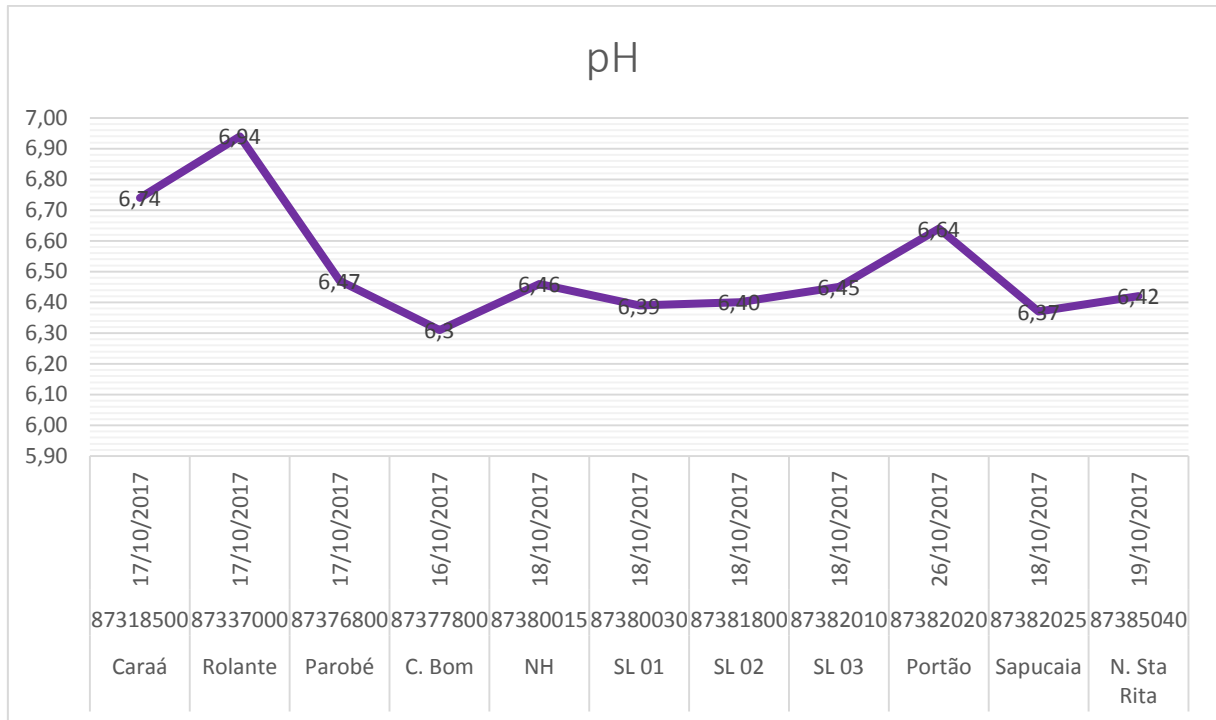


Figura 38 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.

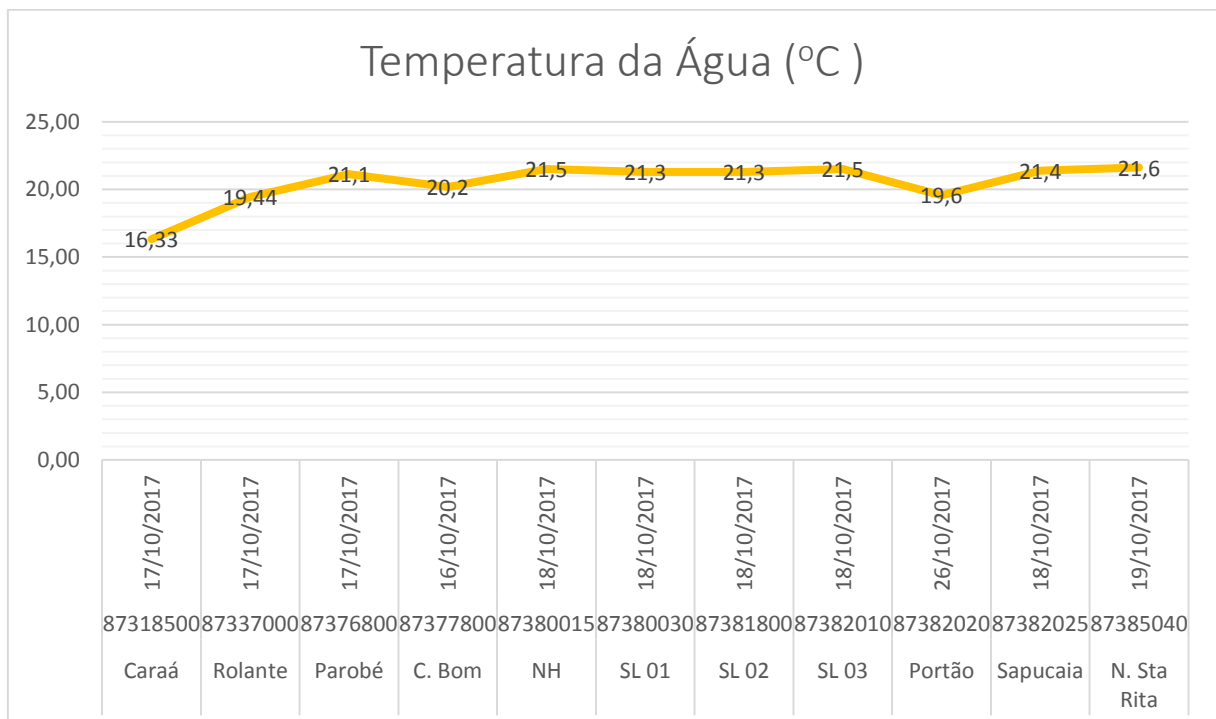


Figura 39 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.

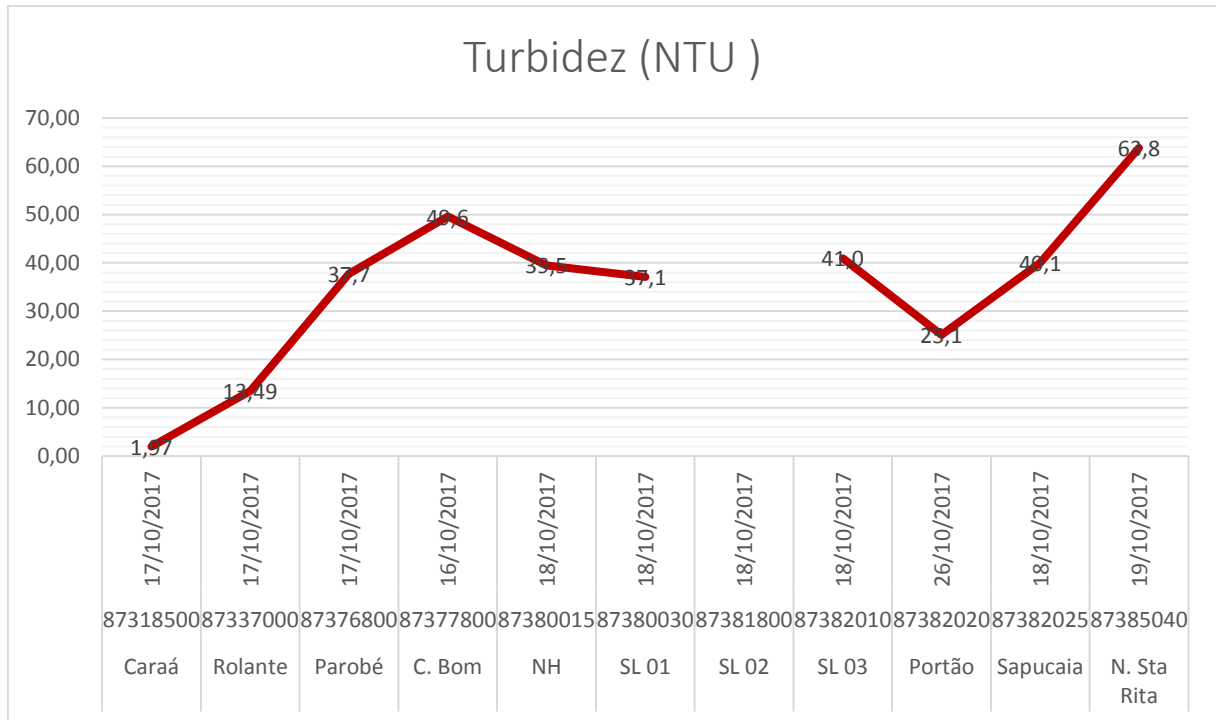


Figura 40 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em outubro de 2017 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

Na campanha de outubro, o padrão dos valores de condutividade é mantido (figura 36) e o maior valor medido é no ponto de Portão (68,4 $\mu\text{s/s}$). Os valores de OD têm leve decréscimo em direção à foz, variando de 9,72 mg/L de OD em Caraá até 4,79 mg/L em Nova Santa Rita (figura 37). Os valores de turbidez apresentaram maior variação ao longo da bacia, sendo 1,97 NTU em Caraá, 49,6 NTU em Campo Bom e 63,8 NTU em Nova Santa Rita (figura 40). Há, ainda, uma falha de medição no ponto São Leopoldo 02.

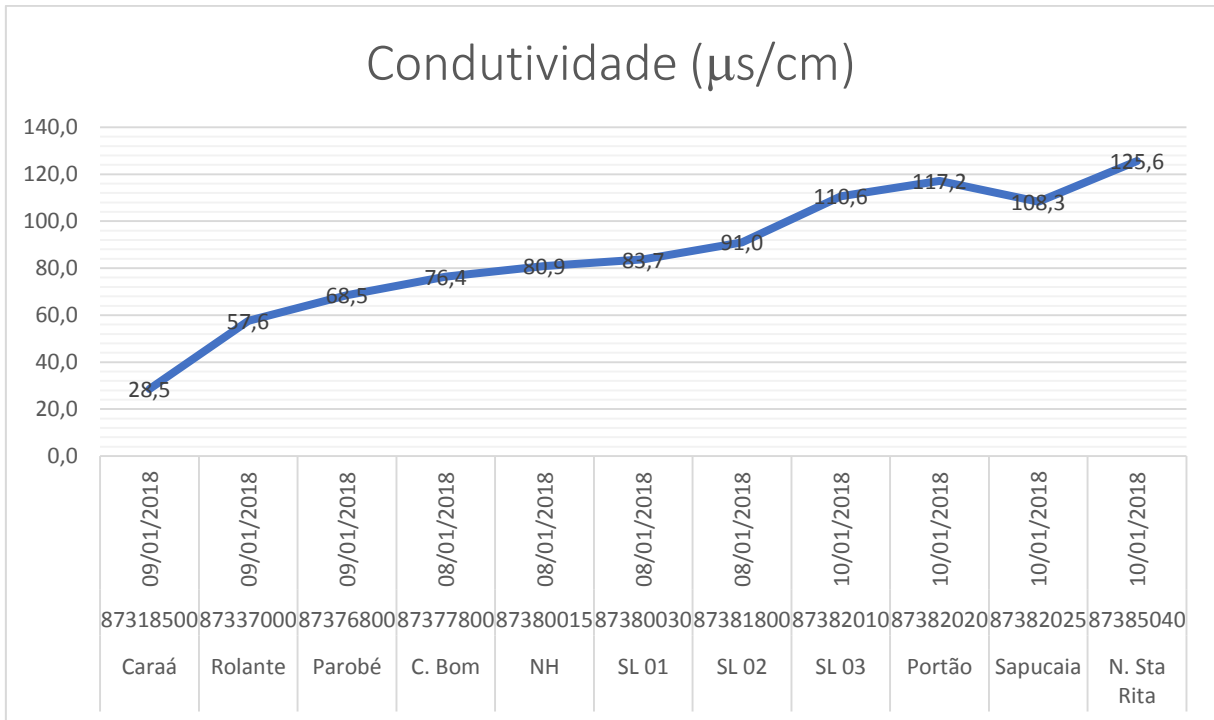


Figura 41 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

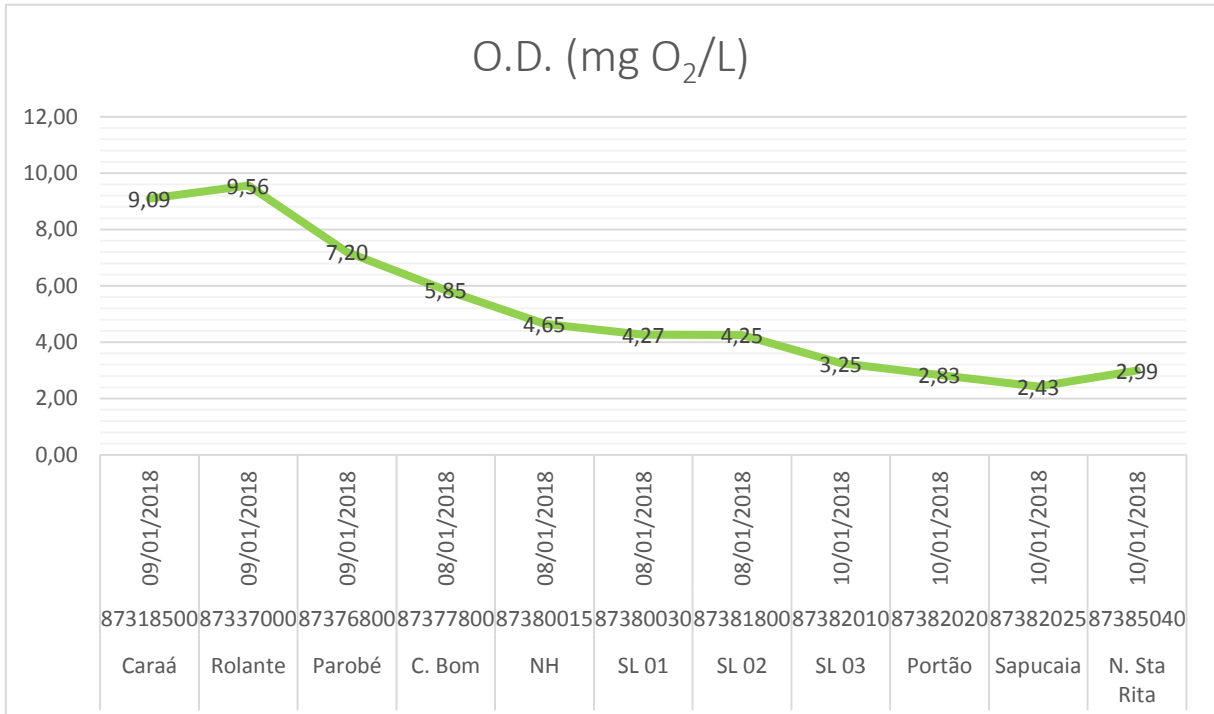


Figura 42 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

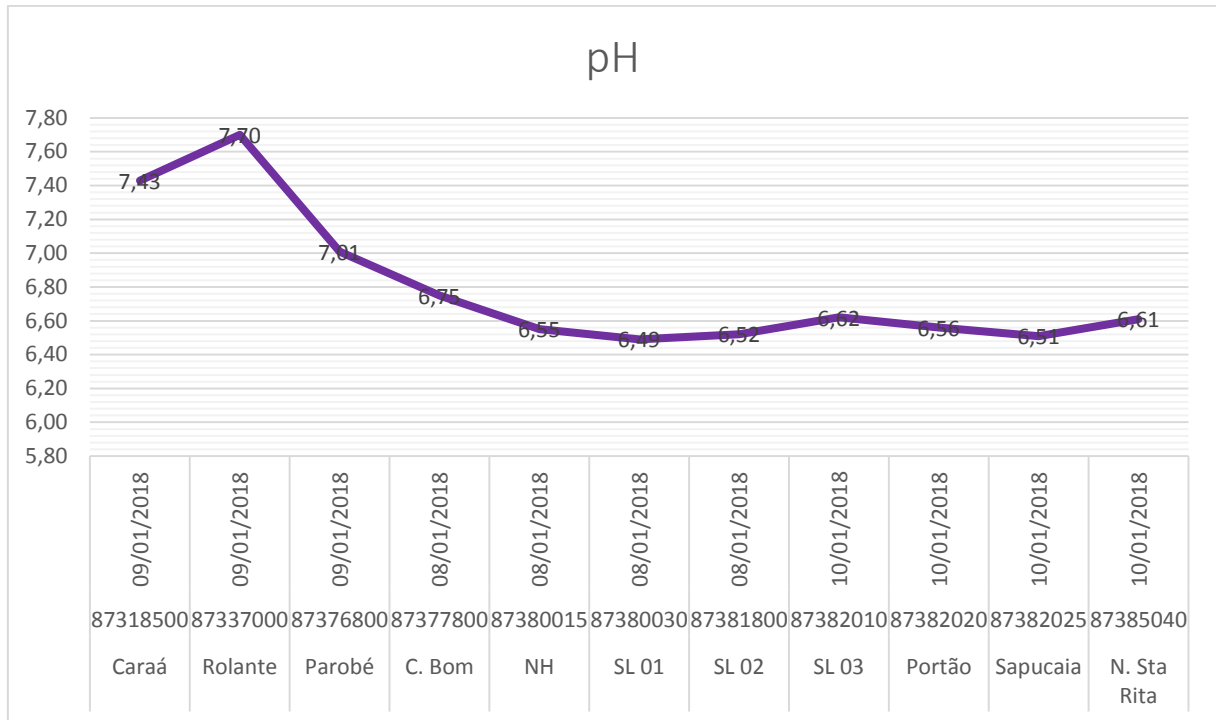


Figura 43 – Gráfico dos resultados básicos de pH da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

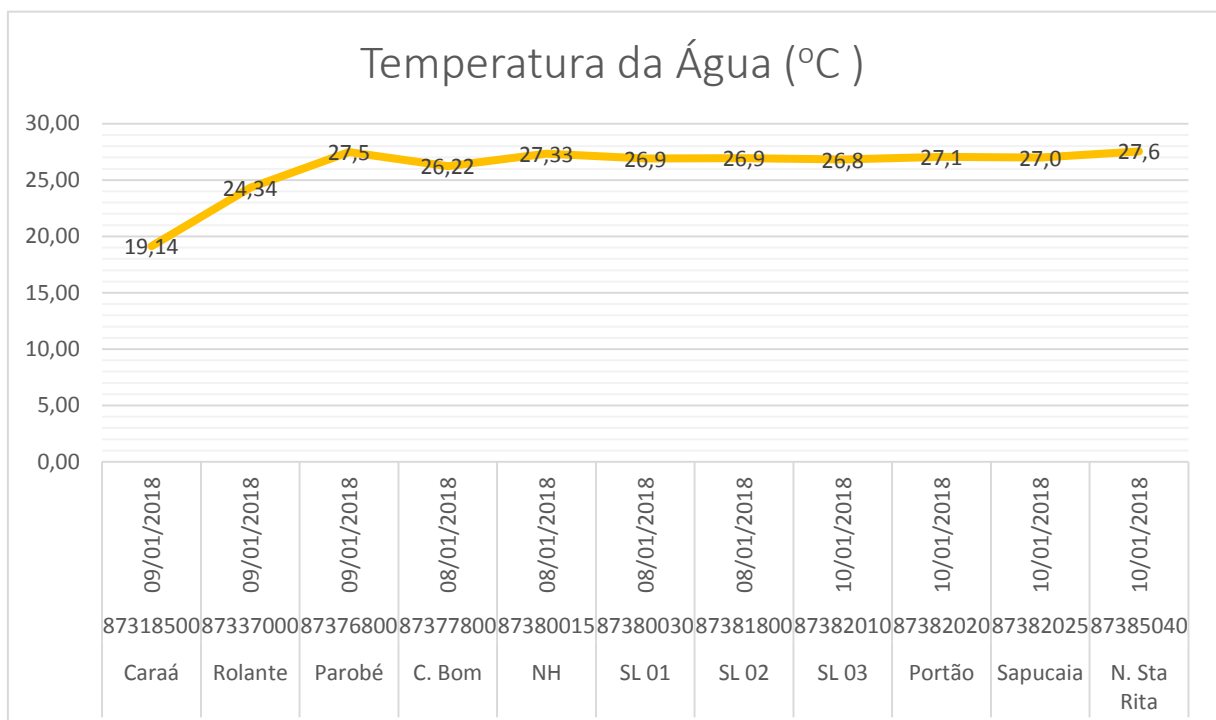


Figura 44 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

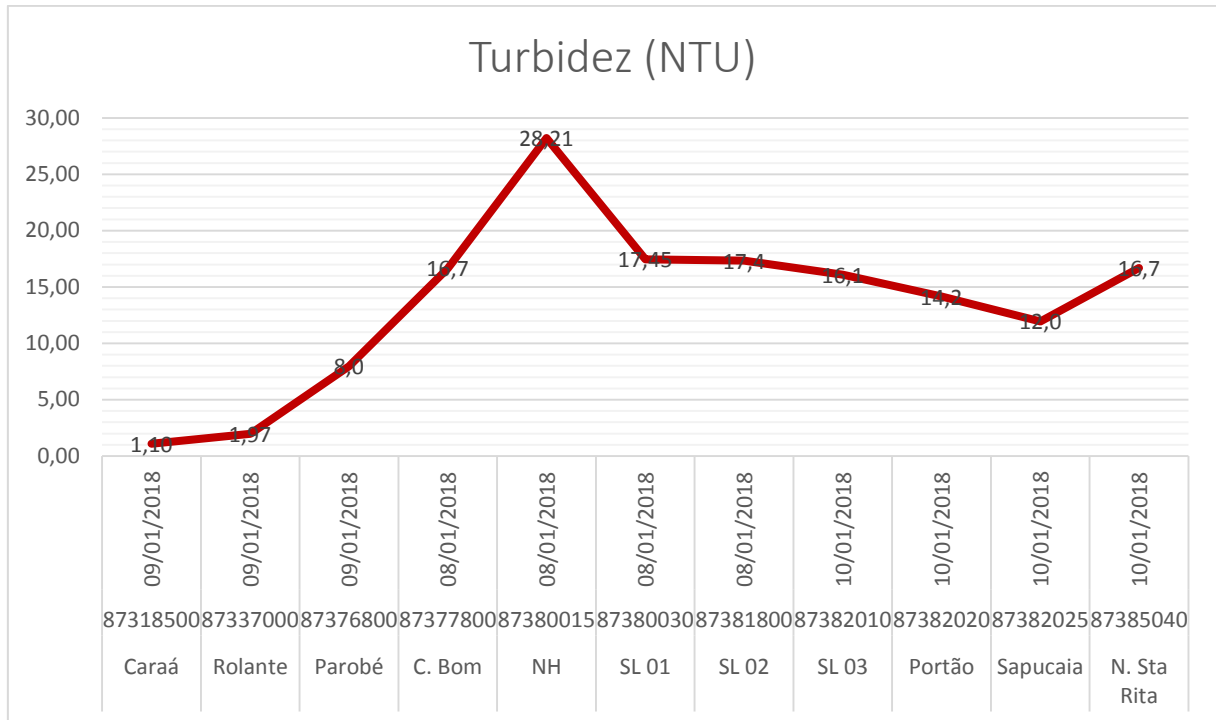


Figura 45 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em janeiro de 2018 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.

No ano de 2018, também se observa o mesmo padrão para os valores de condutividade, variando de 28,5 $\mu\text{s/s}$ no ponto de Caraá até 125,6 $\mu\text{s/s}$ em Nova Santa Rita (figura 41). Os valores de OD têm decréscimo em direção à foz (figura 42). Os valores de turbidez apresentaram variação ao longo da bacia, não ultrapassando o valor 28,21 NTU em Campo Bom (figura 45). Ou seja, quanto ao parâmetro turbidez na campanha de abril, todos os pontos ficaram abaixo do limite do parâmetro de 100 NTU, para corpos hídricos de água doce da classe 2.

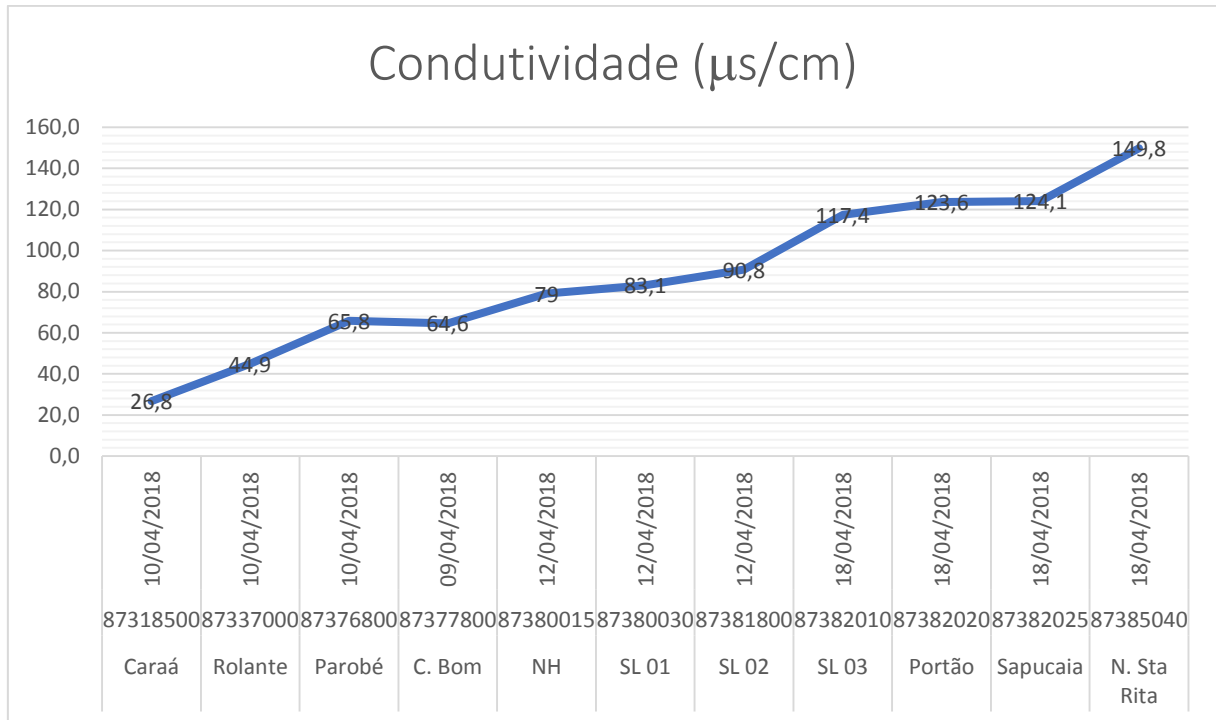


Figura 46 – Gráfico dos resultados de condutividade da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

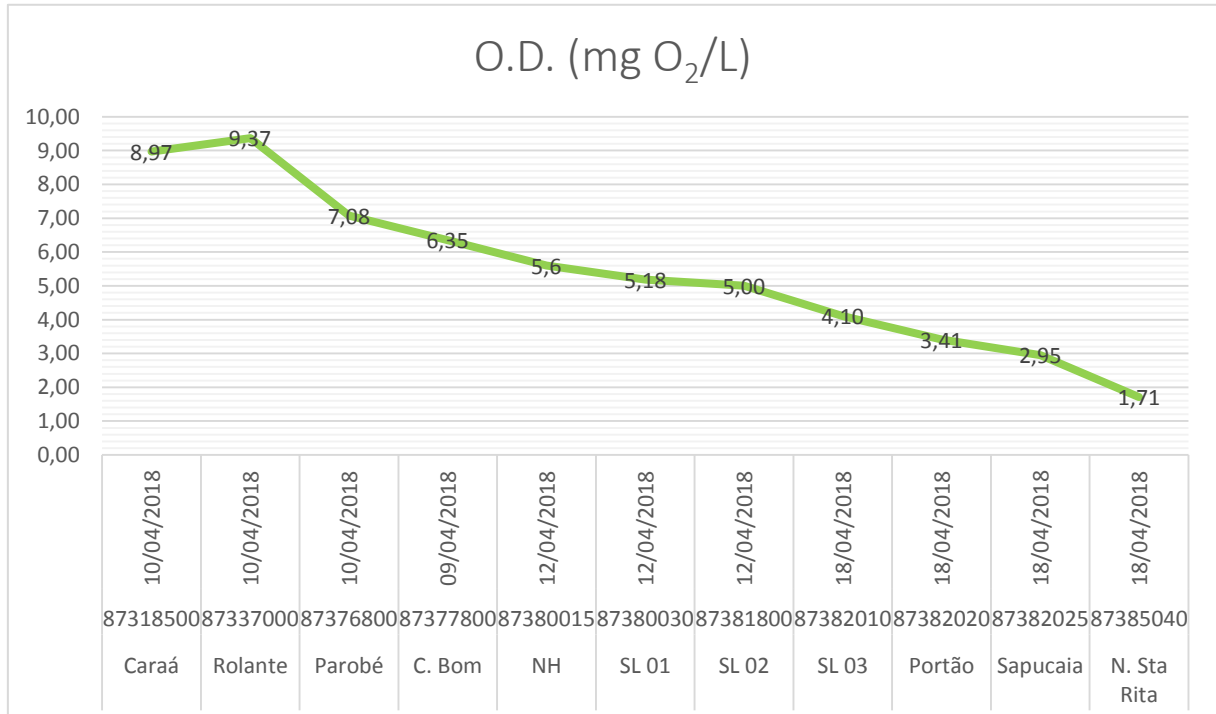


Figura 47 – Gráfico dos resultados de OD da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

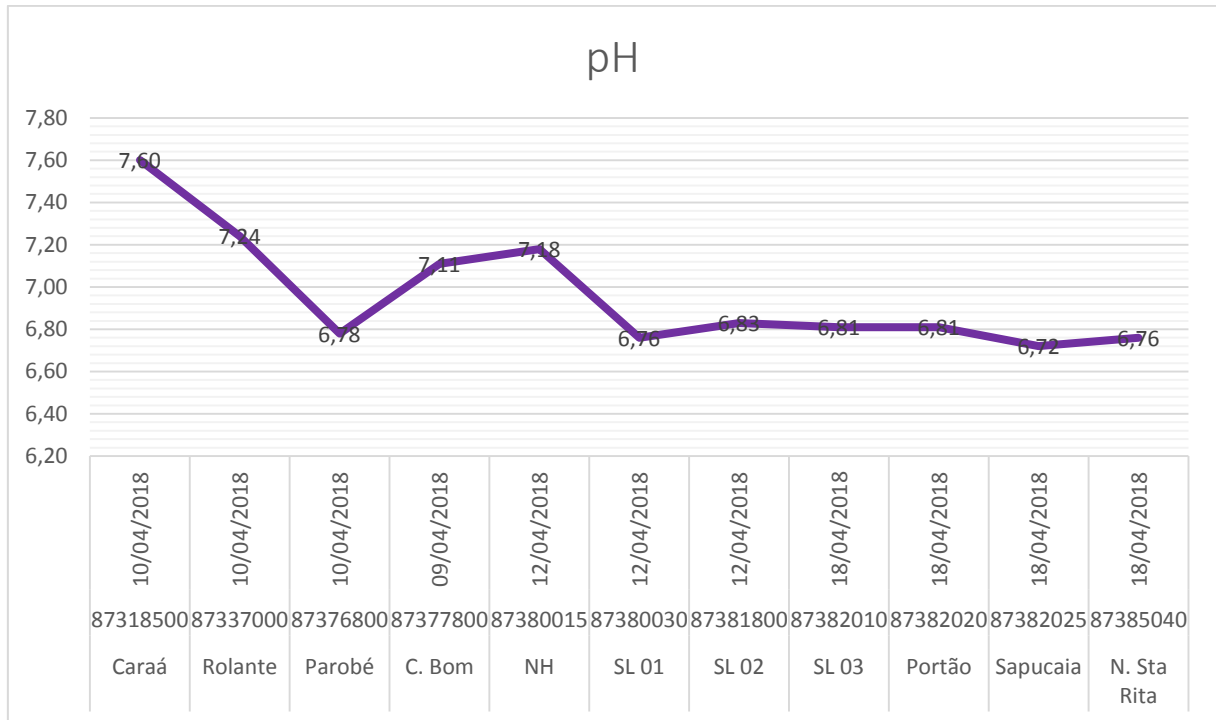


Figura 48 – Gráfico dos resultados de pH da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

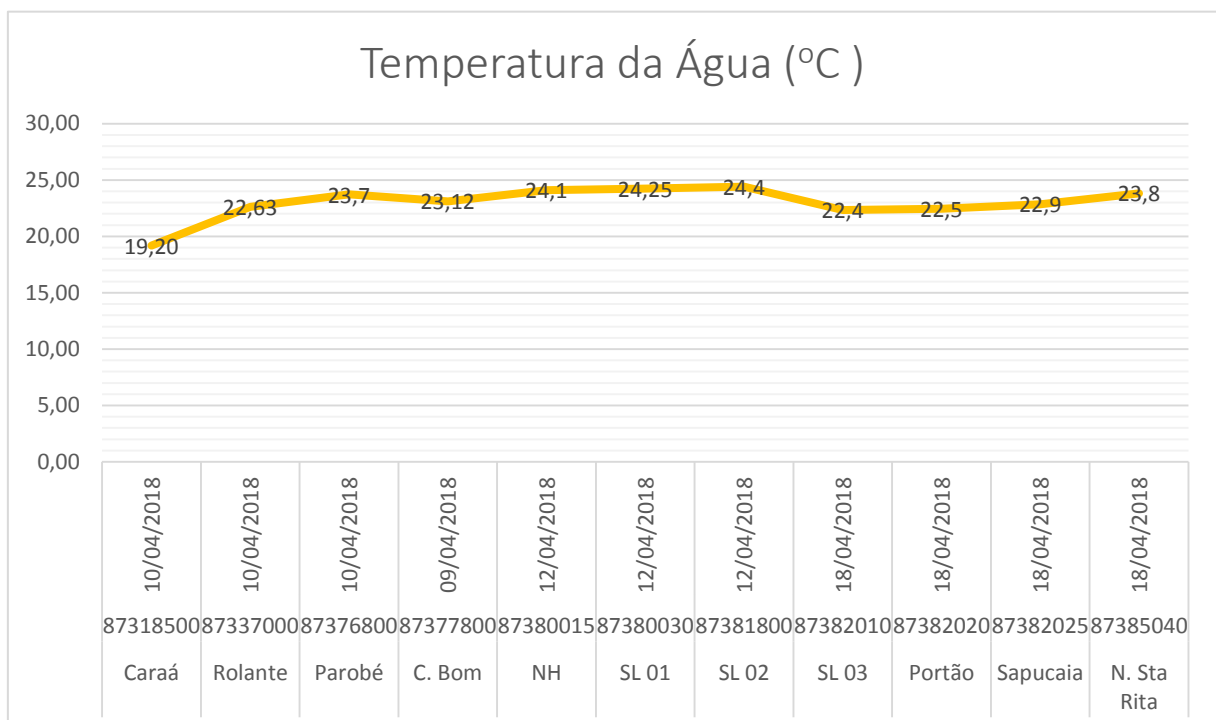


Figura 49 – Gráfico dos resultados de temperatura da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM. Fonte: Elaborado pela autora.

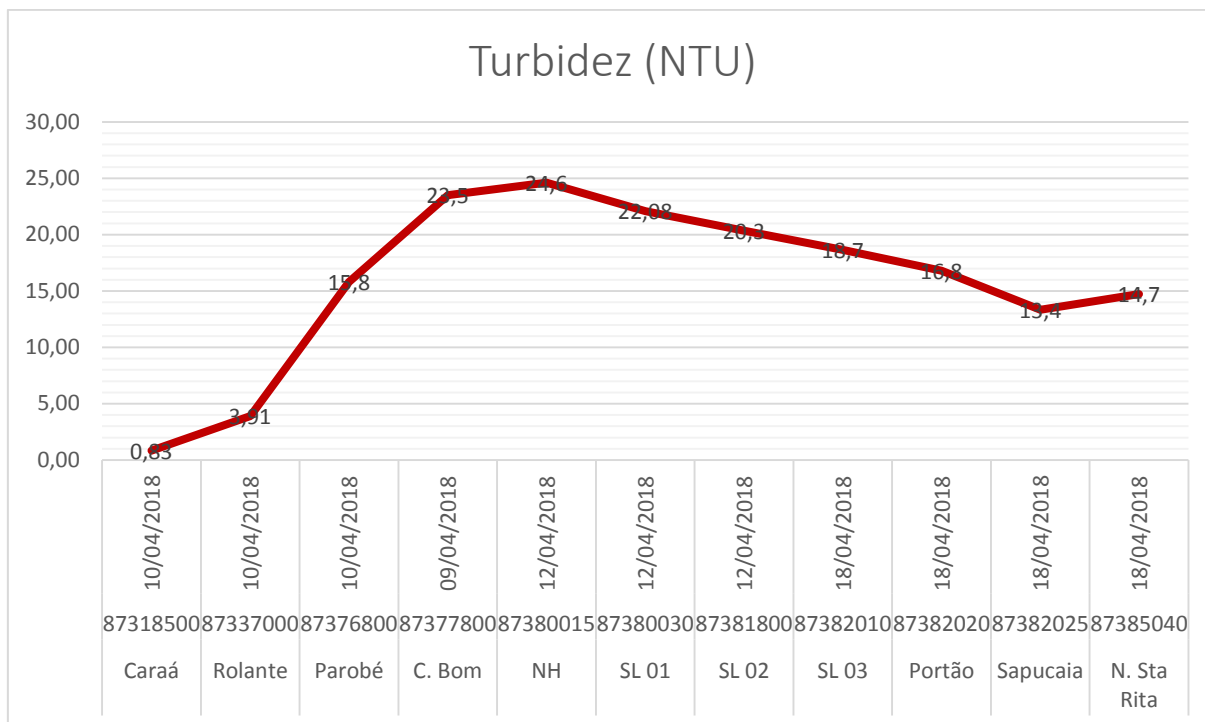


Figura 50 – Gráfico dos resultados de turbidez da amostragem realizada em abril de 2018 pela FEPAM.
Fonte: Elaborado pela autora.

Em abril de 2018, ficou evidente o aumento nos valores de condutividade, variando de 26,8 $\mu\text{s/s}$ no ponto de Caraá até 149,8 $\mu\text{s/s}$ em Nova Santa Rita (figura 46). Os valores de OD têm decréscimo em direção à foz (figura 47). Os maiores valores de turbidez são encontrados na porção média da bacia, não ultrapassando o valor 23,5 NTU em Campo Bom (figura 50).

Na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, é realizado o monitoramento da qualidade de água pelo modo convencional (coleta de amostra e envio para laboratório de análise). São observadas algumas limitações nesse tipo de monitoramento, como a baixa frequência de amostragem e o tempo decorrido entre as campanhas devido ao custo das análises. Verificou-se que amostras são coletadas no período diurno, perdendo-se as variações ocorridas no turno da noite. Tais fatores acarretam pouca segurança na tomada de decisões, principalmente nos trechos considerados críticos em virtude das alterações oriundas de atividades antrópicas.

Heck et al. (2017), confirmaram que a significativa poluição do Rio dos Sinos tem origem em pequenos afluentes, corroborando com estudos anteriores (ROBAINA, 2002; STRIEDER, 2006; DALLA VECCHIA et al. 2015), que mostram que o grande problema da bacia hidrográfica é o esgoto doméstico e que, apesar de ser determinado pela legislação ambiental vigente, o monitoramento das águas superficiais não é prioridade, sendo muitas vezes realizado apenas de forma esporádica.

A utilização de uma ferramenta de acesso aos dados de monitoramento teria como principal função facilitar o acesso e o acompanhamento dos resultados de qualidade da água do Rio dos Sinos, os quais são produzidos pelos diferentes entes e usuários da bacia hidrográfica. Ademais, a integração dos dados de monitoramento da qualidade pode ir ao encontro de anseios do Comitesinos (metas de médio e longo prazo) e também dos objetivos do Projeto de Monitoramento Integrado da Bacia do Consórcio Pró-Sinos (MORAES et al., 2018).

4.5 ESTAÇÕES DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA

Em 2018, a partir de articulação com a Comissão Permanente de Assessoramento do Comitesinos, foi apresentada a proposta da plataforma QualiSinos, para inserção e divulgação dos dados diários de qualidade da água captada, pelos operadores das Estações de Tratamento de Água (ETA). As informações referentes às ETAs estão na Tabela 17:

Tabela 17 – Estações de Tratamento de Água com captação no Rio dos Sinos.

ETA	Manancial	Volume de água produzido (m ³ /ano)
Campo Bom - CORSAN	Rio dos Sinos	11.772.930
Esteio - CORSAN	Rio dos Sinos/Canal da Petrobrás	25.428.000
Nova Santa Rita - CORSAN	Rio dos Sinos	891.560
Sto. Antônio da Patrulha - CORSAN	Rio dos Sinos	1.398.680
Taquara - CORSAN	Rio dos Sinos	2.912.590
São Leopoldo - SEMAE	Rio dos Sinos	25.497.810
Novo Hamburgo - COMUSA	Rio dos Sinos	18.542.510

Fonte: SNIS – Série Histórica, indicador AG006, ano base 2016 (BRASIL, 2018). Elaborado pela autora.

A tabela 17 indica quais ETAs são operadas pelos serviços municipais e quais são operadas pela companhia estadual, com seus respectivos volumes anuais de água tratada produzida para cada município. Foram selecionadas apenas as estações que captam água bruta diretamente do Rio dos Sinos e que, por consequência, possuem dados diários ou instantâneos da água do rio.

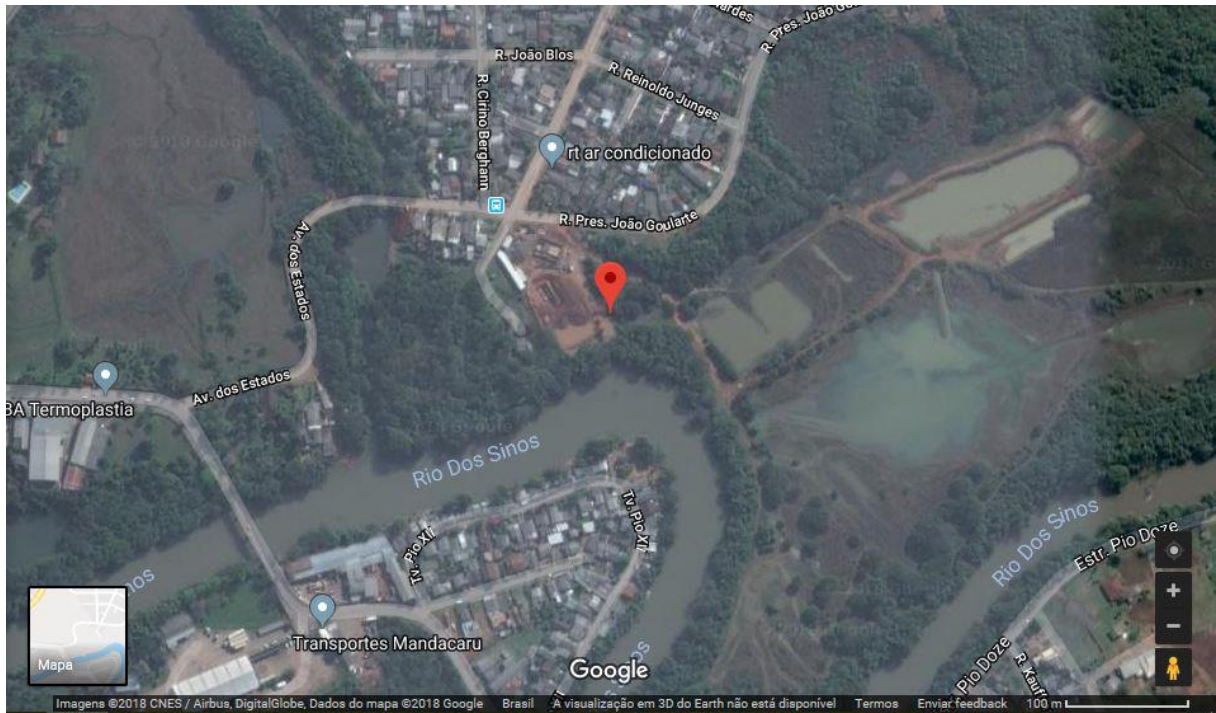


Figura 51 – Estação de Captação de Água da CORSAN em Campo Bom/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 51 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de Campo Bom, operado pela CORSAN e de onde são captados mais de 11 milhões de metros cúbicos de água.

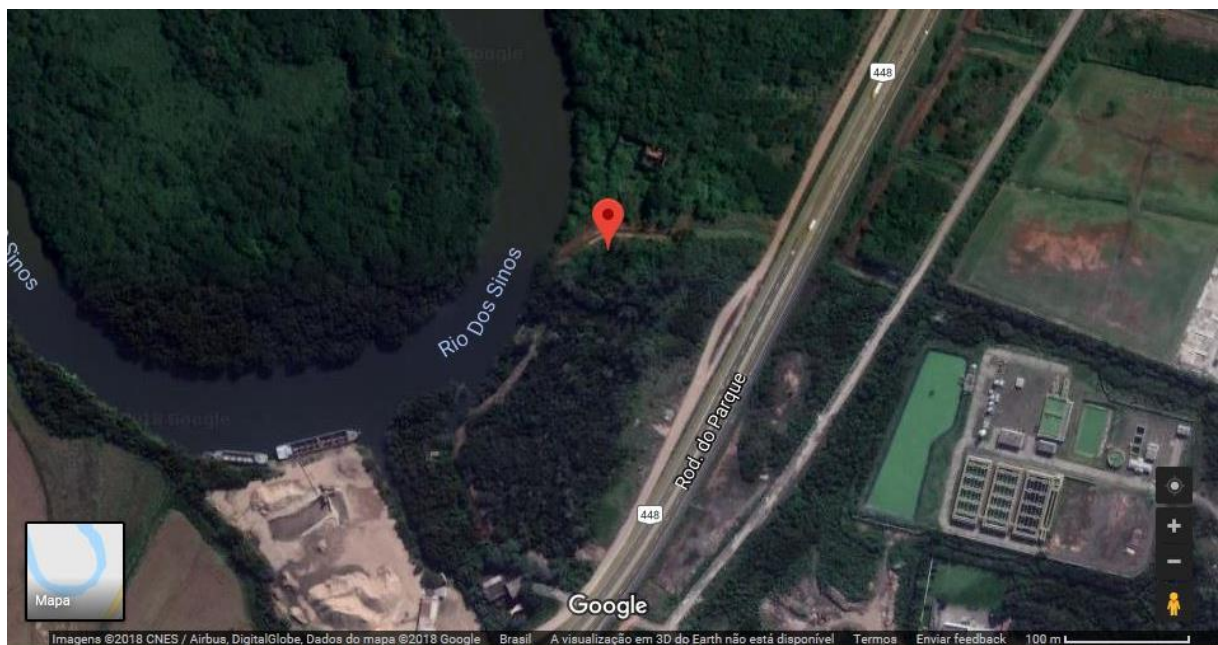


Figura 52 – Estação de captação de água da CORSAN em Esteio/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 52 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de Esteio e parte de Sapucaia do Sul, operado pela CORSAN.

Desse ponto são captados mais de 25 milhões de metros cúbicos de água para abastecimento público e industrial.



Figura 53 – Estação de captação de água da CORSAN em Nova Santa Rita/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 53 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de Nova Santa Rita, operado pela CORSAN. Desse ponto são captados cerca de 900 mil metros cúbicos de água.



Figura 54 – Estação de captação de água da COMUSA em Novo Hamburgo/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 54 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de Novo Hamburgo, operado pela COMUSA, autarquia municipal. Desse ponto são captados cerca de 19 milhões de metros cúbicos de água. A COMUSA possui sensores de medição instalados na própria estação de captação de água.

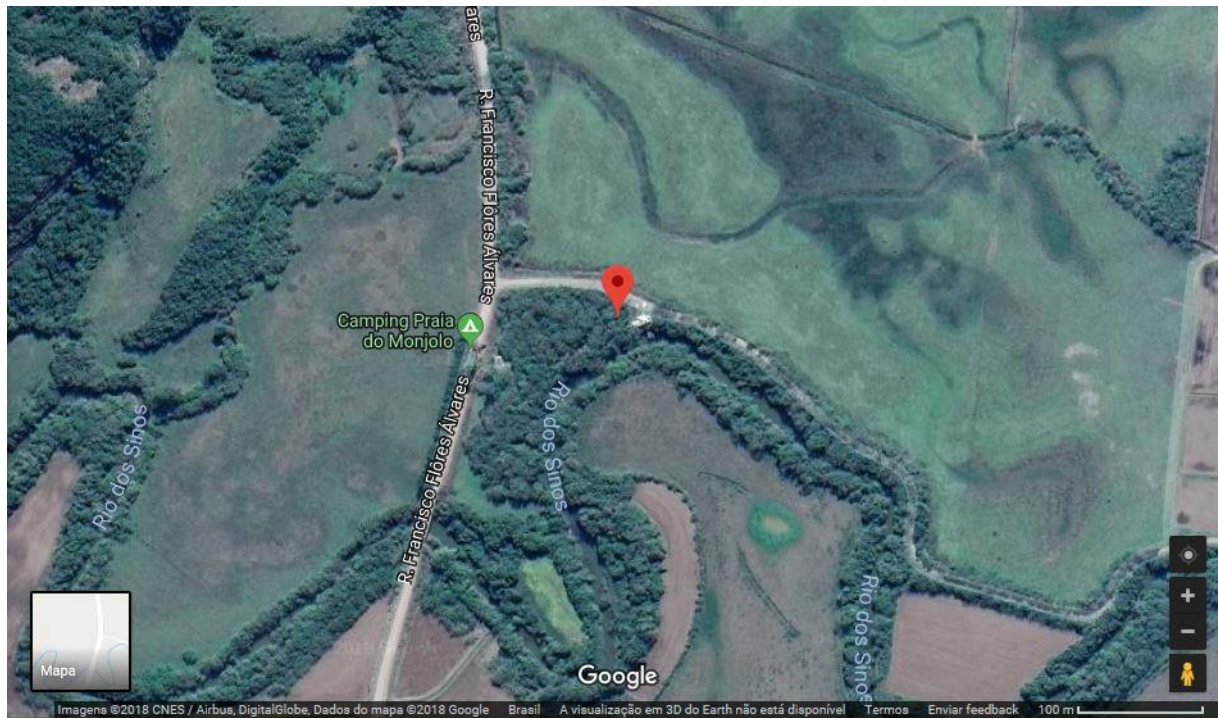


Figura 55 – Estação de captação de água da CORSAN em Santo Antônio da Patrulha/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 55 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de Santo Antônio da Patrulha, operado pela CORSAN. A estação de tratamento produz cerca de 1,4 milhões de metros cúbicos de água, aduzidos deste ponto do Rio dos Sinos.

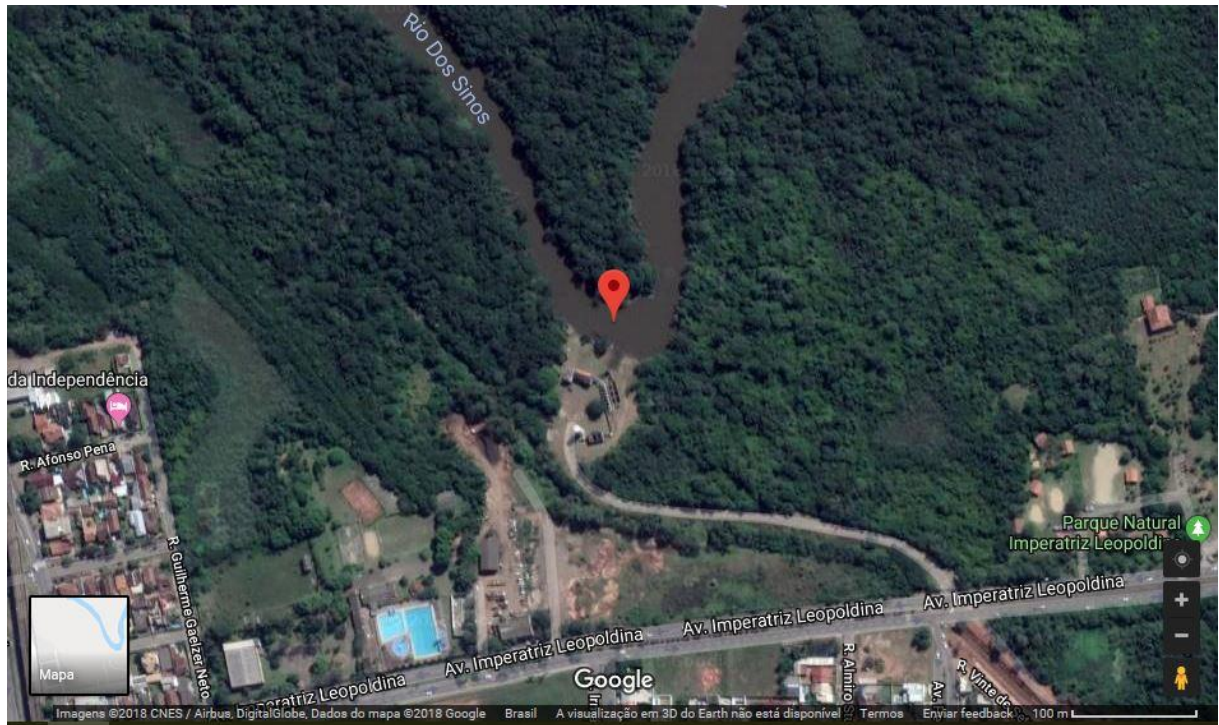


Figura 56 - Estação de captação de água do SEMAE em São Leopoldo/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 56 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de São Leopoldo, operado pelo SEMAE, autarquia municipal. Desse ponto são captados mais de 26 milhões de metros cúbicos de água. O SEMAE não possui sensores de medição de qualidade instalados na estação de captação de água bruta.



Figura 57 – Adutora de água da CORSAN em Taquara/RS. Fonte: Google Maps.

A Figura 57 localiza geograficamente o ponto de adução de água bruta para abastecimento do município de Taquara, operado pela CORSAN. A estação de tratamento produz cerca de 3 milhões de metros cúbicos de água, bombeada desde o Rio dos Sinos.

As estações de tratamento de água para abastecimento público são responsáveis pelas análises sistemáticas da água captada no Rio dos Sinos e da água tratada para verificação de atendimento dos padrões de potabilidade, regrados pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde. Ou seja, a frequência de medição dos parâmetros de qualidade de água no Rio dos Sinos é maior que a realizada pela FEPAM. Dessa maneira, pode-se ampliar a divulgação dos resultados de parâmetros básicos de qualidade de água como pH, condutividade, OD, temperatura e turbidez.

4.6 PLATAFORMA DE DISPONIBILIZAÇÃO DE RESULTADOS DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE – QUALISINOS

A plataforma QualiSinos foi programada e construída de acordo com a proposta e com as diretrizes desta pesquisa de mestrado. A tela inicial pode ser acessada por usuários não identificados, denominados usuários visitantes. Os visitantes do sistema podem ter acesso aos resultados diários cadastrados pelos entes responsáveis pelo monitoramento da qualidade de água do Rio dos Sinos. Na Figura 58, apresenta-se a tela inicial do sistema para os visitantes.

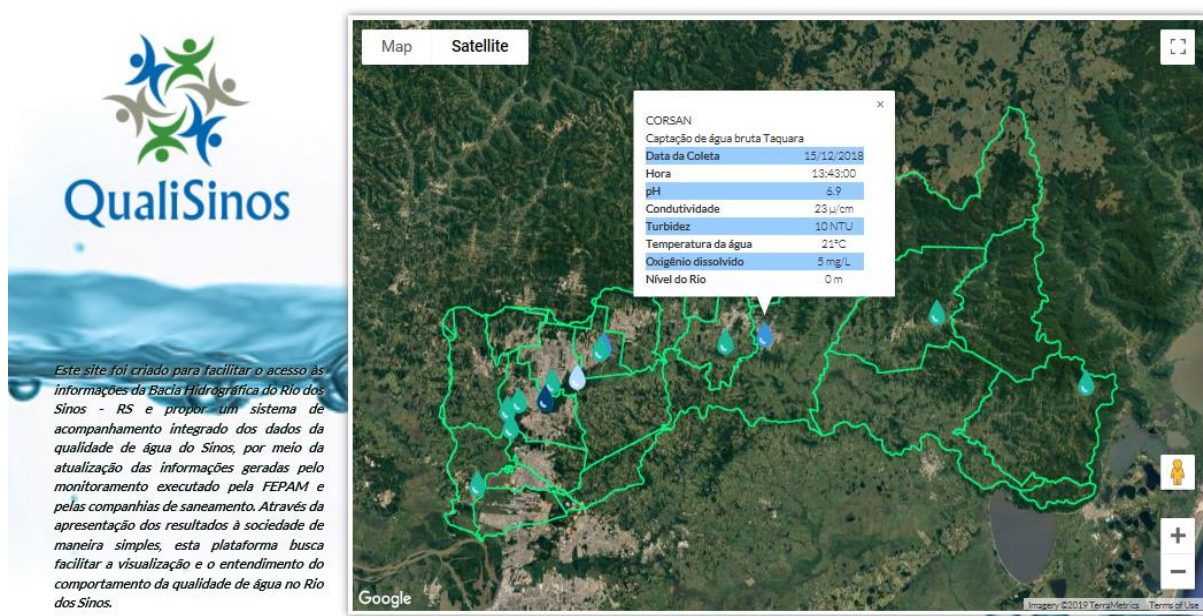


Figura 58 – Tela inicial da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.

A tela inicial da plataforma mostra principalmente o recorte da bacia hidrográfica (Google Earth) e a localização dos pontos de monitoramento. Na Figura 58, demonstra-se que, ao se clicar sobre um ponto de monitoramento, é aberta uma janela com a tabela de resultados. Neste caso estão aparecendo os resultados simulados da estação da CORSAN Taquara.

O sistema possui um tipo especial de usuário, chamado de operador do sistema, que possui acesso às funções de cadastro de resultados e cadastro de análise. O usuário administrador é capaz de fazer a importação e exportação de dados. Antes da criação do sistema os dados eram armazenados em diferentes bases de dados e em planilhas diversas. Apenas os resultados trimestrais, aferidos pela FEPAM estavam georreferenciados, logo não era possível utilizar dados atualizados em um SIG.

A administração do banco de dados é a parte principal do sistema e essencial para atualização das informações, pois, além cadastrar os dados das análises no sistema, o administrador do sistema é capaz de exportar os dados para serem utilizados em outro SIG. Na figura 59 está exemplificado o banco de dados da plataforma.

+ Opções		idEstacao	idBacia	nome	lat	lng	idOperador
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	1	1	Ponto Nova Santa Rita	-29.87710900	-51.24331100	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	2	1	Captação de água bruta Taquara	-29.67670000	-50.78500000	2
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	7	1	Ponto Sapucaia do Sul	-29.79850000	-51.19053070	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	8	1	Captação de água bruta NH	-29.73187060	-51.08404860	1
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	9	1	Captação de água bruta SL	-29.76035700	-51.13556500	4
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	10	1	Ponto Campo Bom	-29.69448520	-51.04805720	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	11	1	Todas	0.00000000	0.00000000	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	13	1	Ponto Portão	-29.77655540	-51.19469700	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	14	1	Ponto São Leopoldo 3	-29.76493100	-51.17717600	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	15	1	Ponto São Leopoldo 2	-29.76049410	-51.13572250	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	16	1	Ponto São Leopoldo 1	-29.73878370	-51.12536590	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	17	1	Ponto Novo Hamburgo	-29.73100340	-51.08386220	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	18	1	Ponto Parobé	-29.68608020	-50.84802610	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	19	1	Ponto Carará	-29.74081340	-50.27191620	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	20	1	Ponto Rolante	-29.64539500	-50.51137700	3
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	21	1	Captação de água bruta Esteio	-29.83890000	-51.18580000	2
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	22	1	Captação de água bruta Campo Bom	-29.69060000	-51.04280000	2
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	23	1	Captação de água bruta Sto. Ant. Patrulha	-29.77160000	-50.51750000	2
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	24	1	Captação de água bruta Nova Sta. Rita	-29.87970000	-51.24720000	2

Figura 59 – Banco de dados da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.

As estações de amostragem podem ser cadastradas, editadas ou deletadas pelo usuário colaborador (operador) de cada estação. O sistema de coordenadas utilizado para referenciar

as estações e os pontos de monitoramento é o WGS84, utilizado nos aparelhos de GPS. Na Figura 60, apresenta-se o painel de cadastro de estação utilizado pelo administrador.

The screenshot displays the 'QualiSinos' administrator interface. On the left is a dark sidebar menu with options like 'Home', 'Cadastro', 'Análise', 'Gráficos', and 'Postagens'. The main content area is titled 'Cadastro - Estação - Ponto de Monitoramento'. It features a form with the following fields: 'Bacia' (a dropdown menu with 'Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos' selected), 'Nome' (a text input), 'Latitude' (a text input), 'Longitude' (a text input), and 'Operador' (a dropdown menu with 'Escolha uma opção' selected). Below the form are two buttons: 'Limpar' (blue) and 'Salvar' (green). Underneath the form is a table titled 'Dados'. The table has a search bar and a 'Show 10 entries' dropdown. The table columns are 'Bacia', 'Nome', 'Latitude', 'Longitude', 'Operador', and 'Ações'. A single row of data is visible: 'Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos', 'Nova Santa Rita', '-29.8771090', '-51.2433110', 'FEPAM', and 'Ações' (with 'Editar' and 'Excluir' buttons). At the bottom of the table, it says 'Showing 1 to 1 of 1 entries' and has 'Previous' and 'Next' navigation buttons.

Bacia	Nome	Latitude	Longitude	Operador	Ações
Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos	Nova Santa Rita	-29.8771090	-51.2433110	FEPAM	Editar Excluir

Figura 60 – Tela de painel administrador, cadastro de Estação / Ponto de Monitoramento. Fonte: MACHADO (2018), para a autora.

As coordenadas geográficas cadastradas são muito importantes, pois é a partir delas que podemos localizar as estações e pontos no mapa. Os dados são organizados de acordo com os pontos de monitoramento e a data de coleta, facilitando assim seu gerenciamento pelas entidades e usuários da Bacia do Sinos com a implantação do sistema. A Figura 61 apresenta a tela para cadastro detalhado de análise de água.

QualiSinos

Bem-vindo,
Administrador

MENU

- Home
- Cadastro
- Gráficos

Cadastro de Análise dos dados coletados

Data de registro *

Estação * Captação de água bruta Camp

Condutividade *

Turbidez *

Temperatura *

pH *

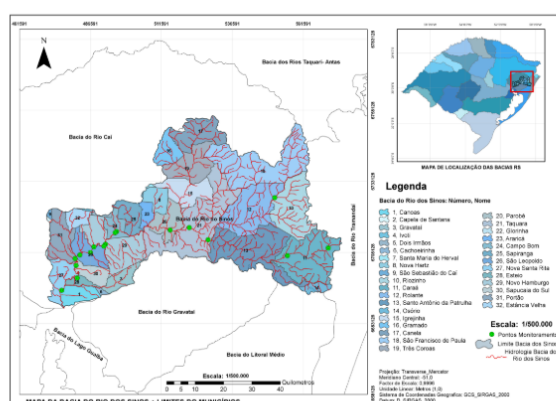
Oxigênio Dissolvido *

Nível do Rio *

Limpar Salvar

Figura 61 – Tela de cadastro de análise de água. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.

Os usuários administradores e os usuários operadores do sistema têm permissão para realizar o cadastro dos resultados das análises de condutividade, turbidez, temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido e nível do rio, na aba de cadastro de análises das estações de captação e pontos de monitoramento. Após a inserção dos resultados o sistema realiza a geração de gráficos. A página inicial do sistema contém, ainda, informações sobre os aspectos gerais da bacia hidrográfica e conteúdo explicativo sobre qualidade de água e sobre os parâmetros básicos de monitoramento para o público leigo e para interessados em geral.



Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

Historicamente a denominação do Rio dos Sinos sofreu algumas alterações, os povos indígenas (Charruas e Minuanos) chamavam-no de Curruaí, fazendo referência aos ratões habitantes dos banhados da bacia. Outro nome encontrado é Itapuá, que pode significar "rio das pedras delgadas", ou "rio das pedras que gritam". O nome utilizado atualmente pode ter derivado da palavra Sinus, que em latim significa seio, enseada ou sinuoso (SILVA, 2010). Até a década de 30 ou 40, o rio apresentava boas condições de balneabilidade e até mesmo de potabilidade, que posteriormente foram se deteriorando em virtude do crescimento populacional e da instalação de indústrias que lançavam seus rejeitos e esgotos no rio ou em banhados adjacentes (BECKER, 1995).

Esse importante recurso hídrico é a fonte de abastecimento de água para cerca de 1.300.000 habitantes, com uma densidade populacional de cerca de 360 pessoas por quilômetro quadrado. As áreas urbanas mais densamente povoadas, de acordo com estimativa populacional para o ano de 2017 (IBGE, 2018) incluem as cidades de Novo Hamburgo com 249.508 habitantes, Canoas com 343.853 habitantes e São Leopoldo com 230.914 habitantes, que estão localizadas na porção baixa da bacia.

A região possui uma produção muito diversificada: calçados e couro, metais-mecânicos, alimentos, petroquímica, madeira e mobiliário, turismo e hospitalidade (BLUME et al., 2010).

Região do Alto Sinos

Região do Médio Sinos

Região do Baixo Sinos

Figura 62 – Continuação da tela inicial da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.

Na Figura 62 exemplifica-se a parte do conteúdo da tela inicial do sistema, os ícones: Região Alto Sinos, Região Médio Sinos e Região Baixo Sinos podem ser maximizados com um clique e mostram o texto das características de cada porção da bacia hidrográfica.

Parâmetros da qualidade da água

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência da capacidade de dissolução de uma ampla gama de elementos e da capacidade de transportar substâncias pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

Os parâmetros físicos retratam as características relacionadas, principalmente com o aspecto estético da água. Incluem nestas características: a temperatura, cor, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, odor e sabor sendo que a maioria das variáveis está normalmente associada à presença de sólidos nos corpos d'água (OLIVEIRA, 2013). Os parâmetros químicos refletem as características referentes à presença de compostos químicos (orgânicos e inorgânicos) que influenciam a qualidade de água. Incluem nestas características: pH, alcalinidade, acidez, dureza, salinidade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, carbon orgânico total, compostos orgânicos, nitrogênio, fósforo e metais pesados (OLIVEIRA, 2013). Já os parâmetros biológicos referem-se aos diversos microrganismos presentes no ecossistema aquático e devem ser monitorados, pois refletem a transformação da matéria orgânica, na fixação de nutrientes e na depuração dos ambientes aquáticos, além de serem capazes de transmitir diversas doenças de veiculação hídrica (DANIEL et al., 2001).

Ficou definido que serão apresentados, para simplificar o acompanhamento da qualidade de água do Sinos, os resultados de cinco parâmetros básicos: temperatura, turbidez, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido.

 Temperatura	 Turbidez	 Condutividade elétrica	 pH	 Oxigênio Dissolvido
---	--	--	--	---

As fontes de oxigênio dissolvido (OD) nos corpos d'água tem origem principalmente das trocas de gases atmosféricos e do processo de fotossíntese. Conforme Janzen et al. (2008), a quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos d'água é um indicador primário da qualidade da água. Ou seja, quando a concentração de OD na água cai abaixo de valores aceitáveis, pode afetar negativamente a saúde do ecossistema aquático.

A produção fotossintética e a re-aeração atmosférica contribuem para o aumento da concentração de oxigênio na água, enquanto que o consumo de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica e a respiração realizada pelo ecossistema aquático colaboram para a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água. A concentração de OD nos cursos d'água dependem de diversos fatores como: temperatura, da pressão atmosférica, da salinidade, das atividades biológicas, de características hidráulicas (existência de corredeiras ou cachoeiras) e, também, de interferências antrópicas, como lançamento de efluentes nos cursos d'água. As medições da concentração de OD são em mg/L. A Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) estipula que o valor mínimo de oxigênio dissolvido para a preservação da vida aquática, é de 5,0 mg/L.

Figura 63 – Última parte da tela inicial da plataforma QualiSinos. Fonte: MACHADO (2018) para a autora.

A parte final do *site* contém informações referentes aos parâmetros de qualidade de água (figura 63), os quais são apresentados no mapa e nos gráficos de análise, além de citar as entidades parceiras do sistema de acompanhamento integrado dos dados de qualidade da água do rio dos Sinos. O site possui também interface de atualização de informações a partir de outras páginas eletrônicas através de fontes RSS (Really Simple Syndication) que é um formato de distribuição de informações em tempo real pela internet.

5 CONCLUSÕES

A qualidade da água do Rio dos Sinos é influenciada por poluentes químicos e físicos, estando diretamente associada às descargas de efluentes de atividades industriais na bacia hidrográfica. Os acidentes ambientais com produtos químicos, que contaminam os arroios e afluentes do rio, são comuns e frequentemente afetam o abastecimento público de água nas cidades. Além disso, a poluição agrícola e o despejo de esgotos domésticos tratados ou não tratados também contribui para o aumento das concentrações de DBO, fósforo, nitrogênio e de inúmeros microrganismos patogênicos (NASCIMENTO et al., 2015; DALLA VECHIA et al., 2015; KONZEN et al., 2015; RODRIGUES et al., 2015). Portanto, o monitoramento do manancial hídrico é essencial para controlar a água fornecida à população e a prevenção da poluição acaba se tornando um desafio para os especialistas em saneamento quando os dados de qualidade de água são escassos (CARMO et al., 2008).

A gestão dos recursos hídricos deve abordar como premissa básica o binômio qualidade X quantidade, visto que a bacia hidrográfica é um ecossistema sujeito a modificações, interferências e conflitos de uso gerados pelas ações antrópicas. Como a quantidade de água não é constante (volume variável no tempo e espaço) acaba por interferir na dissolução e concentração dos nutrientes e poluentes, afetando a qualidade de água disponível. A ANA, considerando esta abordagem, tem buscado como meta a melhoria do monitoramento hidrológico por meio da coordenação da Rede Hidrometeorológica Nacional. Ao apoiar os estados da federação, com capacitação técnica e equipamentos, propiciando a articulação entre os sistemas de informação estaduais e setoriais e fomentando atividades institucionais, garante como resultado a obtenção de informações com maior precisão e custos otimizados (FERREIRA, 2018).

Por meio dos dados revisados, esta pesquisa considerou que há avanços no monitoramento hidrometeorológico na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, pois existem estações pluviométricas e fluviométricas em operação, pelo CEMADEN, nos municípios de Rolante, Três Coroas, Igrejinha, Novo Hamburgo e Sapucaia do Sul e nas cidades de São Leopoldo, Campo Bom e Taquara, operados pela CPRM. Em 2017, outras estações automáticas de monitoramento foram instaladas pelo DRH-SEMA/RS, para aumentar a área de abrangência e a prevenção a eventos hidrológicos extremos na referida bacia. Além disso, houve a retomada, em 2016, do monitoramento da qualidade realizado pela FEPAM em onze pontos ao longo do Rio dos Sinos.

A partir da avaliação dos resultados de análise dos pontos monitorados, é possível concluir que as porções média e baixa da bacia hidrográfica apresentam os piores resultados de parâmetros de qualidade de água, pois estão localizados em áreas de alta concentração urbana e industrial (KONZEN et al. 2015). Entre as dificuldades encontradas na análise dos dados de qualidade de água do monitoramento realizado pela FEPAM, está a falta de dados sobre vazão dos pontos de monitoramento. Outra limitação foi a falta de padronização dos dados de qualidade da água bruta captada fornecidos pelos serviços de saneamento.

A quantidade de agentes envolvidos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e a atuação dos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) podem favorecer uma gestão mais descentralizada, participativa e integrada do setor de recursos hídricos – integrada no sentido de que todos os agentes envolvidos devem participar do processo de tomada de decisões (JUNQUEIRA et al., 2011). Os comitês de bacias integram o SINGREH e se consolidam como espaços legitimados de decisões acerca

dos usos de água, principalmente em regiões que apresentam escassez hídrica ou problemas de qualidade de água (FERREIRA, 2018).

A composição dos comitês de bacia formada por representantes do governo federal e estaduais, da sociedade civil organizada e dos usuários de recursos hídricos, legitima a gestão descentralizada. Contudo, para que de fato a descentralização seja efetiva é necessário que as decisões tomadas pelos comitês de bacias sejam implementadas e que a inércia e a falta de enfrentamento dos problemas ambientais pelos agentes executores sejam modificadas, de modo a promover a melhoria da qualidade dos recursos hídricos (CERQUEIRA et al., 2016).

Tendo-se o conhecimento das condições quali-quantitativas do corpo hídrico, mediante o bom funcionamento das redes de monitoramento hidrológico e ao cadastramento das demandas pelos sistemas de outorga é que o poder público reúne condições de controle e de gestão da água. Para que a gestão seja eficiente, os órgãos públicos responsáveis devem estar bem organizados e equipados, tanto em relação à base de dados quanto em relação às estruturas de fiscalização e de monitoramento (PORTO, 2008). Assim, pode-se assegurar que as condicionantes estabelecidas durante os procedimentos de licenciamento ambiental e de outorga estejam sendo respeitados.

A discussão dos conflitos qualidade *versus* quantidade ainda está na pauta do Comitêsinos, porém a permanência destes conflitos revela até que ponto a formulação e a execução de políticas públicas continuam frágeis, assim como o público, quanto à participação na discussão de problemas e processos decisórios. Com relação ao caso específico das políticas ambientais no Vale do Sinos, vale ressaltar que a fragilidade desse modelo de gestão contribui para a manutenção de riscos ambientais (NUNES et al., 2015), pois continuamos observando a degradação da qualidade de água de montante para jusante, apesar de toda legislação existente e da atuação do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica e do Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

A respeito do Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2018a) dá-se muita importância a gestão da informação e ao monitoramento e fiscalização ambiental. Esta pesquisa, assim, insere-se como ferramenta aplicada aos instrumentos de gestão de recursos hídricos quando propõe o estabelecimento de diálogo e a troca de informações entre as instituições e os usuários da água da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Como proposta para trabalhos futuros, vislumbra-se a instalação de sensores de baixo custo, em pontos estratégicos no Rio dos Sinos, que captarão os dados básicos e enviarão os resultados para sistemas *web* ou Android e para a plataforma QualiSinos. Trabalhos recentes como o projeto WAITS (PERES, et al., 2013), que integram microeletrônica, eletrônica digital e comunicações sem fio foram desenvolvidos com uso de dispositivos conhecidos como sensores multifuncionais. Suas características incluem baixo custo, baixo consumo de energia, tamanho reduzido e nenhuma restrição de capacidade de comunicação em pequenas distâncias, utilizam-se do conceito da Internet das Coisas ou IoT (do inglês *Internet of Things*), que tem como base o funcionamento de módulos e dispositivos, que tornam a comunicação entre as “coisas” possível (PERES, et al, 2013).

Portanto, a implantação de uma plataforma de acompanhamento dos dados de qualidade de água e a integração do monitoramento existente na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, ou seja, entre as instituições FEPAM, Comitê de Bacia e os serviços públicos de saneamento e a disponibilização de resultados básicos por meio de ferramentas SIG e de sistemas *web*, devem contribuir para o gerenciamento e monitoramento ambiental na bacia, assim como para a efetivação das metas e ações elencadas no Plano de Bacia. As informações apresentadas tornam-se importantes no sentido de permitirem a participação e o controle social conforme preconizado nas políticas nacionais de meio ambiente e de saneamento, além de promover a antecipação de ações de controle na fiscalização ambiental e no planejamento das metas estabelecidas para o enquadramento deste estratégico recurso hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Panorama do Enquadramento dos Corpos d'água no Brasil. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA DO ENQUADRAMENTO.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf)> Acesso em: 24/06/2017

_____. GEO Brasil recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil: resumo executivo. Brasília: ANA; PNUMA, 2007. 59 p.

_____. Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016 / Agência Nacional de Águas – Brasília: ANA, 2016. 95 p.

_____. Sistemas de Informação na gestão de águas: conhecer para decidir. Cadernos de Capacitação (Vol. 8). Brasília: ANA, 2016a. 122 p. ISBN: 978-85-89629-98-0

_____. PROGESTÃO - Metas de Gerenciamento de Recursos Hídricos em âmbito estadual. 2017. Disponível em: <<http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/o-programa/glossario/metas-de-gerenciamento-estadual>>. Acesso em 10/10/2017.

_____. Portal da Qualidade das Águas. 2017a. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>> Acesso em: 24/07/2017.

_____. Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb. 2017b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/aceso-tematico/qualidade-da-agua>> Acesso em 04/08/2017

_____. HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas, versão antiga. 2017c. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=6010>> Acesso em: 07/07/2017

_____. Resolução nº 903 de 22/07/2013. Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais e estabelece suas diretrizes. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf>

AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P; MIRANTE, W; BENINI, M.H.P (Org). Gestão e qualidade dos recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas. Tupã: ANAP, 2016.

ANDRADE, Ricardo. O que ficou do oitavo Fórum. *Águas do Brasil*. Ed. Rede Brasil de Organismos de Bacias Hidrográficas, n. 22, p. 24-26, 2018. Disponível em: <http://aguasdobrasil.org/portfolio_item/revista-aguas-do-brasil-22>. Acesso em: 01/11/2018.

ARTIOLA, J.F.; PEPPER, I. L.; BRUNSSEAU, M. Environmental Monitoring and Characterization. San Diego, California: Elsevier Academic Press, 2004. 410 p.

BARBOSA, I.M.B.R; FERREIRA, A.A.; BARREIROS, D.B. SIGWeb para Dados de Qualidade de Água em Bacias Hidrográficas, WebGIS for Water Quality Data in Watershed. *Revista CIENTEC*, v. 7. p. 43-55, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316770505_SIGWeb_para_Dados_de_Qualidade_de_Agua_em_Bacias_Hidrograficas_WebGIS_for_Water_Quality_Data_in_Watershed>. Acesso em: 23/09/2018.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BECKER, C.J. Uma visão histórica dos banhados a montante da cidade de São Leopoldo. In: Os Banhados do Rio dos Sinos. Carlos Cardoso Aveline (Org.), São Leopoldo. UPAN. Ed. Agarthia, 1995. Cap 1. 84p.

BIEGER, L., CARVALHO, A. B. P., STRIEDER, M. N., MALTCHIK, L., STENERT, C. Are the streams of the Sinos River basin of good water quality? Aquatic macroinvertebrates may answer the question. *Braz. J. Biol.*, v. 70, n. 4, p. 1207-1215, 2010.

BLUME, KK. et al. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 70, n. 4, supl. p. 1185-1193, Dez. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842010000600008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17/03/2018.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000600008>

BRANCO, S.M. *Água: Origem, uso e preservação*. 2ª ed. São Paulo: Ed. Moderna.p. 59-94, 2003.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações do Saneamento – SNIS. Série Histórica. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 14/10/2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/bacias-hidrograficas/revitalizacao-de-bacias-hidrograficas.html>>. Acesso em: 02/11/2018.

CABRAL Igor Pinheiro Sales. Novas ferramentas para monitoramento ambiental usando SIG Web. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Natal-RN. 2008. 115f. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/15215>>. Acesso em: 23/09/2018.

CALLISTO, M.; et al. Gestão eficiente de bacias hidrográficas no Brasil: dificuldades e perspectivas de soluções. *Natureza & Conservação*, 10 (1): 1-4. 2012. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.2012.016>>. Acesso em: DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/natcon.2012.016>.

CARMO, R.F., BEVILACQUA, P.D. e BASTOS, R.K.X. Vigilância da qualidade da luz para o consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 426-434, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522008000400011&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 14/10/2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000400011>.

CARVALHO, R.G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, Volume Especial, n. 36, p. 26-43, 2014. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172/2656>>. Acesso em: 23/10/2017.

CASSANEGO, M. B. B.; DROSTE, A. Assessing the spatial pattern of a river water quality in southern Brazil by multivariate analysis of biological and chemical indicators. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 77, n. 1, p. 118-126, Mar. 2017. Disponível

em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842017000100118&lng=en&nrm=iso>. Acesso em:14/10/2018. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.11215>>.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA A DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 10/08/2017.

CERQUEIRA, Lucas Santos; FADUL, Élvia; VITÓRIA, Fabrício Terso; MORAIS; José Luciano Mendonça. A produção científica em gestão de recursos hídricos no Brasil: uma análise da sua contribuição para o setor. Revista Gestão e Planejamento. Salvador, v. 17, n. 2, p. 233-251, mai-ago. 2016. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/4158/2934>> Acesso em: 23/08/2018

CLARKE, R. T.; DIAS, P. L. S. As necessidades de observação e monitoramento dos ambientes brasileiros quanto aos recursos hídricos: versão 1.0 (preliminar). Brasília: CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/CTHidro – Fundo Setorial de Recursos Hídricos, 2003. 41 p.

COLLISCHON, Walter; DORNELLES, Fernando. *Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais*. Porto Alegre: 2ª Edição, revisada e ampliada, ABRH, 2015. 336p.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS - COMITESINOS. Plano de Bacia – META 3, Situação dos Recursos Hídricos. São Leopoldo. 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, v.1, Série relatórios. 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua_geral.asp>. Acesso em: 26/10/2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Sistema de Alerta de Eventos Críticos. 2017. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/sace/>> Acesso em: 26/06/2017

COSTA, M.P. 2005. A regulação dos recursos hídricos e a gestão da qualidade da água: o caso da Bacia do Rio São Francisco. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo.

DALLA VECCHIA, A. et al. Surface water quality in the Sinos River basin, in Southern Brazil: tracking microbiological contamination and correlation with physicochemical parameters. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 13, p. 9899-9911, 2015.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS - DRH. Diagnóstico Preliminar – Descritivo dos eventos ocorridos no dia 05 de janeiro de 2017 entre as regiões dos municípios de S. F. de Paula e Rolante - RS. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://www.rs.gov.br/upload/20170125183225diagnostico_preliminar_gt_rolante_revfinal.pdf>. Acesso em: 28/03/2017.

DIAS, R. S.; SILVA, A. C. C.; FRACARO, C.; BLEY JÚNIOR, C. J. (2014). Utilização de ferramentas livres para gestão territorial do nexos água e energia Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/34198/22872>>. Acesso em: 23/09/2018

DI BLASI, J. I. P., TORRES, J. M., NIETO, P. J. G., FERNÁNDEZ, J. R. A., MUÑIZ, TABOADA, J. Analysis and detection of outliers in water quality parameters from different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain). *Ecological Engineering*. Elsevier, 2013. p. 60– 66

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. *Sistemas de banco de dados*. 6. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2010.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro - RJ, 3ª Edição; Interciência Editora, 2011. 826p.

FERREIRA, Cristiane. Dias. Entrevista. *Revista Águas do Brasil*. Ed. Rede Brasil de Organismos de Bacias Hidrográficas. Águas do Brasil, n. 22, p. 5-9, 2018. Disponível em: <http://aguasdobrasil.org/portfolio_item/revista-aguas-do-brasil-22>. Acesso em: 01/11/2018.

FIGUEIREDO, JAS. et al. The Rio dos Sinos watershed: an economic and social space and its interface with environmental status. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 70, n. 4, supl. p. 1131-1136, Dez. 2010.

FLICK, Uwe. Introdução à pesquisa qualitativa / Uwe Flick; tradução Joice Elias Costa. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM. Qualidade ambiental da Região Hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>. Acesso em: 27/04/2017.

FUNDAÇÃO METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO - METROPLAN. Termo de Referência – Estudo de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias na Bacia do Rio dos Sinos. 2014. Disponível em: <http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1898/?Plano_Nacional_de_Gest%C3%A3o_de_Riscos_e_Respostas_a_Desastres_Naturais>. Acesso em: 14/06/2017.

GALINDO JR, M. B.; FERREIRA, A. A.; BARBOSA, I.M.B.R. Desenvolvimento de um SIGweb aplicado à qualidade de água na Bacia do Capibaribe através da utilização do Post GIS e Web Appbuilder. In: Anais XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília - DF. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-869_desenvolvimento-de-um-sigweb-aplicado-a-qualidade-da-agua-na-bacia-do-capibarige-atraves-da-utilizacao-do-postgis-e-web-appbuilder>. Acesso em: 10/11/2018.

GEOSERVER. What is Geoserver? Disponível em: <<http://geoserver.org/about/>>. Acesso em: 23/09/2018.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 176 p.

GOMES, Sara Helena Raupp et al. Modelagem sazonal da qualidade da água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFMG. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 23, n 2, p. 275-285, Mar. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000200275&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06/10/2018.

GUIMARÃES, D. P.; PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C. 2012. Integração Google Earth-SIG-Servidor de Mapas e o Monitoramento Ambiental. Circular Técnica. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n. 183, p. 1-20. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79549/1/circ-183.pdf>>. Acesso em: 10/09/2018.

HANISH, W.; FREIRE-NORDI, C.S. *Monitoramento remoto em tempo real de mananciais visando às florações de cianobactérias*. Ecologia de Reservatórios e Interfaces / Marcelo Pompêo e organizadores – São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. XII, 460 p.

HATGE, V.; BIDONE, E.D.; MADDOCK, J.L. Estimation of the natural and anthropogenic components of heavy metal fluxes in fresh water Sinos River, Rio Grande Do Sul State, South Brazil. *Environ Technol* 19: 483-487, 1998. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F09593331908616704>>. Acesso em: 18/10/2017.

HECK, T. M. S. et al. Avaliação da água através de parâmetros microbiológicos e físico-químicos em áreas populacionais do arroio Luiz Rau, afluente do Rio dos Sinos, município de Novo Hamburgo, RS. *Revista Conhecimento Online*, Novo Hamburgo, v. 2, p. 105-117, 2017. ISSN 2176-8501. Disponível em: <<https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistaconhecimentoonline/article/view/1146>>. Acesso em: 06/10/18. DOI: <<https://doi.org/10.25112/rco.v2i0.1146>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2018. Panorama Cidades. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>> Acesso em: 18/03/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS– INPE. Divisão de Processamento de Imagens. Plataforma TerraMA². Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/projetos/doku.php?id=start:terra2>> Acesso em 15/07/2018

JANZEN, J.G.; SCHULZ, H.E.; LAMON, A.W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol.13 - Nº 3. 2008, 278-283. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n3/a06v13n3.pdf>> Acesso em: 03/11/2017

JUNQUEIRA, M. A. et al. Apontamentos sobre a lei brasileira das águas: a experiência do Estado de São Paulo. *REGE Revista de Gestão*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 159-175, junho 2011. ISSN 2177-8736. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rege/article/view/36732>>. Acesso em: 19/03/2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.5700/rege420>

KLAUCK, C. R., BOECK, R., OLIVEIRA, E. D. L., MEIRELLES, M. G., SILVA, L. B., RODRIGUES, M. A. S. Avaliação da Toxicidade do Sedimento do Rio dos Sinos com os Testes Agudo e Crônico, utilizando a Minhoca (*Eisenia foetida*), In: 4º Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul, Sapucaia do Sul (RS), 2015.

KONZEN, G. B. Gestão dos Recursos Hídricos: Elaboração de Modelos Matemáticos, para a Estimativa de Cenários Futuros – O Caso do Rio dos Sinos – RS. 2013. 106p. Dissertação de Mestrado – Universidade Feevale – FEEVALE. Novo Hamburgo.

KONZEN, G.B.; FIGUEIREDO, J.A.S.; QUEVEDO, D.M. History of water quality parameters – a study on the Sinos River/Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 75, n. 2, supl. p. 1-10, Maio 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842015000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14/10/18. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.0213>.

LANGE M.V.; ANDERSEN, S. M.; PASQUAL, J.C. Territorial management for an appropriate technological choice: the case of CIH and CIBiogás projects in Parana 3 River Basin, Parana, Brazil. *Renewable Energy and Power Quality Journal - RE&PQJ*. Madrid (Spain) n. 14 pp. 90-95, mai. 2016 Acesso em: 19/03/2018 DOI: <https://doi.org/10.24084/repqj14.234>

LEONARDO, H.C.L. Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.121p.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 3ª Ed. 494p.

LIBANIO, Paulo Augusto Cunha. O uso de estratégias focadas em resultados para o controle da poluição hídrica no Brasil. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016005008104&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05/03/2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016121578>.

LIMA, Ricardo Neves de Souza; RIBEIRO, Celso Bandeira de Melo; BARBOSA, Cláudio Clemente Fariae; ROTUNNO FILHO, Otto Corrêa. Estudo da poluição pontual e difusa na

bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. *Eng. Sanit. Ambient.*, [online]. 2016, vol.v. 21, n. 1, pp. 139-150, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000100139&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 28/06/2018.

LOPES, E. S.; MAGINA, F. C; ALVES, M. L. Sistema automático de alerta da qualidade da água do Rio Paraíba do Sul – uma aplicação do SISMADEN. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba - PR, 30-05 de maio de 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Eymar_Lopes/publication/266294468_Sistema_automatizado_co_de_alerta_da_qualidade_da_agua_do_rio_Paraiba_do_Sul_-_uma_aplicacao_do_SISMADEN/links/55267bfd0cf2628d5afe000a/Sistema-automatizado-de-alerta-da-qualidade-da-agua-do-rio-Paraiba-do-Sul-uma-aplicacao-do-SISMADEN.pdf

LOPES, W. T. A.; LEMOS, G. M.; SILVA, L. R. S.; SILVA, M. C. A. M. da; PISCOYA, R. C. C.; GOMES, A. O.; SANTOS, A. G. dos. Sistema para análise de dados hidrológicos – SiADH. XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013, Bento Gonçalves.

LUZ, Ezequias da. Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro no município de Pato Branco – PR. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Pato Branco, PR, 2018. 2018. 157 f.

MACEDO, J.C. Monitoramento da qualidade das águas do Rio dos Sinos. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo - RS, 2010.184p.

MAGINA, F. C.; REIS, B. J.; ALVES, M. L.; SANTOS, R. J. T. P. Rede de plataformas de coleta de dados para monitoramento automático da qualidade da água do rio Paraíba do Sul. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Natal - RN, 25-30 de abril de 2009. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.00.40/doc/4755-4763.pdf>>. Acesso em: 14/07/2018

MARTINS, F.B. et al. Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. *Cerne*, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MATHIESEN A., et al. Monitoramento e diagnóstico de qualidade de água superficial. UFSC - Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental. Florianópolis – Santa Catarina, 2014. Disponível em:

< <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/126567>> Acesso em: 19/04/2017

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, [S.l.] v.3, n.4, p.33-38, 2002.

MOSCA, A.A.O. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MORAES, Lais Fernandes; CABONGO, Osvaldo André dos Santos; POLETO, Cristiano. Avaliação da rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Brasiliensis*, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 74-79, maio 2018. ISSN 2526-4338. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/93>>. Acesso em: 25/05/2018. doi: <https://doi.org/10.22571/2526-433893>.

MORAIS, José Luciano Mendonça; FADUL, Élvia; CERQUEIRA, Lucas Santos. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do nordeste do Brasil. *Revista Eletrônica de Administração - REAd*. (Porto Alegre), Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 238-264, abr. 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-23112018000100238&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 05/09/2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-2311.187.67528>.

MORTARI, S. R.; SILVA, R.F. Qualidade de água. In: RIGUES, A.A.; BURIOL, G.A.; BOER, N. *Água e Educação: princípios e estratégias de uso e conservação*. Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2009. p. 49-55.

MOTA, S. Preservação e Conservação de Recurso Hídricos. 2ªed. ABES, 1995. Rio de Janeiro – RJ. 200p.

NASCIMENTO, W. M. do., VILAÇA, M. G. Bacia Hidrográfica: Planejamento e Gerenciamento. TrêsLagoas. 2008. 20p.

NASCIMENTO, C.A. et al. Monitoring of metals, organic compounds and coliforms in water catchment points from the Sinos River basin. *Braz. J. Biol.* [online]. 2015, vol.75, n.2, suppl. pp.50-56. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842015000900003&lng=en&nrm=iso>Acesso em: 28/09/2017

NUNES, M. F.; FIGUEIREDO, J. A. S.; ROCHA, A. L. C. Sinos River Hydrographic Basin: urban occupation, industrialization and environmental memory *Braz. J. Biol.* [online]. 2015, vol.75, n.2, suppl. pp.3-9. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842015000900003&lng=en&nrm=iso>Acesso em: 28/09/2017

OLIVEIRA, C. R. Avaliação da Qualidade da Água do Rio dos Sinos. 2015. Dissertação de Mestrado – Universidade Feevale – FEEVALE. Novo Hamburgo – RS, 2015. 99p.

OLIVEIRA, J.M. Qualidade da água superficial em microbacias com diferentes usos de solo no município de Itaara – RS. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pós-graduação em Geografia e Geociências. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2013. 83p.

OLIVEIRA J. P. W., SANTOS, R. N., PIBERNAT, C. C., BOEIRA, J. M. (b) Genotoxicidade e Análises Físico-Químicas das águas do Rio dos Sinos (RS) usando *Allium cepa* e *Eichhorniacrassipes* como bioindicadores. *BBR – Bioch. and Biotec. Rep.*, n. 1, v. 1, p. 15. 2012.

PAIVA, Roberta Fernanda da Paz de Souza; SOUZA, Marcela Fernanda da Paz de. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, e00017316, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2018000105003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09/04/2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00017316>.

PAIXÃO, M. A., et al. Considerações sobre o gerenciamento de desastres a partir da ocorrência de inundação/escorregamentos na região do Alto Sinos-RS. In: Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis – SC. 2017.

PERES, A., MILETO, E.M., KAPUSTA, S., OJEDA, T., LACASSE, A., GAGNON, J. WAITS–An IT structure for environmental information via open knowledge, dynamic dashboards and social Web of Things, IADIS International Conference WWW/Internet 2013, p.67-74, 2013.

PETRY, Camila Tamires et al. Avaliação integrada da qualidade química e da genotoxicidade da água do arroio Luiz Rau, no trecho inferior da Bacia do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil. *Rev. Ambiente e Água*, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 867-877, Dec. 2016. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000400867&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06/10/2018. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1779>.

POLETO, C., MERTEN, G. H. (Org). Qualidade dos Sedimentos. 2ª Ed. Porto Alegre: ABRH, 2013. 397p.

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

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*. [online]. 2008, vol.22, n.63, pp. 43-60. ISSN 0103-4014.

PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA. Comitê Sinos. Relatório Final – Fase Inicial - Fase A. Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Porto Alegre – RS, 2013. 282 p.

RIBEIRO, A. G. A qualidade ambiental do rio dos sinos: poluentes orgânicos, metais tóxicos, parâmetros físico-químicos e toxicidade no sedimento e águas superficiais. 2016, 237 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Qualidade Ambiental) - Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2016.

ROBAINA, L.E.; FORMOSO, M.L.L.; PIRES, C.A. F. Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental - Vale do Rio dos Sinos, RS. *Revista do*

Instituto Geológico, p. 23, n. 2, p. 35-47, 2002. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8895>> Acesso em: 20/09/2018

RODRIGUES, M.; HENZEL, A.; STAGGEMEIER, R.; QUEVEDO, D.M.; RIGOTTO, C.; HEINZELMANN, L.; NASCIMENTO, C.A.; SPILKI, F.R. Human adenovirus spread, rainfalls, and the occurrence of gastroenteritis cases in a Brazilian basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 187, p. 720, 2015.

SANTANA, D.P. *Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

SANTOS, A.S. ARCGIS 10.2.2. Passo a Passo: elaborando meu primeiro mapeamento. CAUFES, Alegre-ES, 2014. 53p. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/LivroArcGIS1021ElaborandoMeuPrimeiroMapeamentoVol1/ARCGIS%2010.2.2%20passo%20a%20passo_%20elaborando%20meu%20primeiro%20mapeamento%20-%20Volume%201.pdf>. Acesso em: 14/10/17.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - SEMA. *Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos*. 2017. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>. Acesso em: 27/04/2017.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - SEMA. *Sala de Situação – RS. Monitoramento, prevenção e mapeamento de eventos hidrológicos*. 2017. Disponível em: <<http://www.saladesituacao.rs.gov.br/>>

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE -SEMMAM, Prefeitura Municipal de São Leopoldo, *Atlas socioambiental de São Leopoldo*. São Leopoldo, 2012. 224p.

SILVA, D. C. *A Participação Social na Gestão dos Recursos Hídricos ao longo dos 21 anos de trabalho do Comitesinos*. Monografia. UFMG. Belo Horizonte – MG. 2010. 81 p. Disponível em: <<http://www.secretariadegoverno.gov.br/.arquivos/monografias/Debora%20Cristina%20da%20Silva.pdf>> Acesso em: 02/05/2017

SILVA, M.A. et al. *Aplicativo para disponibilização de dados hidrológicos do SNIRH: HidroWeb2*. In: *Anais XX – Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. ABRH. Bento Gonçalves – RS. 2013. Disponível em:

<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20131118_PAP013535.pdf> Acesso em: 07/10/2017

SILVA, M.B. et al. Gestão Integrada dos Recursos Hídricos como Política de Gerenciamento de Águas no Brasil. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, 2017, 10 (jan-mar): Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273450498007>> Acesso em: 19/03/2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1983465913358>

SILVA, R.L.L. Estratégia de Monitoramento em apoio ao licenciamento ambiental em trecho de vazão reduzida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria – RS, 2012. 151p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7804/SILVA%2C%20REGIS%20LEANDRO%20LOPES%20DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 07/04/2018

SILVA, R.L.L. Monitoramento da Qualidade da Água em Tempo Quase-real: uma alternativa para a gestão de recursos hídricos. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas- IPH, UFRGS, Porto Alegre – RS, 2018. 191p. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179907>> Acesso em: 30/03/2018

SILVEIRA, A.J.M. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Tucci, C.E.M. (org). Hidrologia, Ciência e Aplicação. 4ª Edição. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, pp 35-51.

SIQUEIRA, R. R. Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de poluentes orgânicos persistentes na água do Rio dos Sinos. Dissertação de Mestrado. FEEVALE, Novo Hamburgo, RS, 2012.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS - SNIRH. 2017. Disponível em:<<http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/aceso-tematico/qualidade-da-agua>> Acesso em 31/10/2017

SERVIÇO DE MONITORAMENTO E ALERTA A DESATRES – SMAD-RS. Disponível em: <<http://www.smad.rs.gov.br/index.php>> Acesso em: 09/11/2018.

STEFFENS, C., KLAUCK, C. R., BENVENUTI, T., SILVA, L. B., RODRIGUES, M. A. S. Waterquality assessment ofthe Sinos River – RS, *Brazil. Braz. J. Biol.*, v. 75, n. 4, suppl. 2, p.

62-67, 2015. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1519-69842015000900062&lng=en&nrm=iso&tlng=en> Acesso em 20/09/2018

STRIEDER, M.N.; RONCHI, L. H.; STENERT, C.; SCHERER, R. T.; NEISS, U. G. Medidas Biológicas e Índices de Qualidade da Água de uma Microbacia com Poluição Urbana e de Curtumes no Sul do Brasil, RS. *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 28, p. 17-24, 2006.

TEODORO, V.L. I. *et al.* O conceito de Bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista UNIARA*, n.20, 2007. Disponível em:

<http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf> Acesso em: 23/10/2017.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

TUCCI, C.E.M. Modelos de qualidade da água. In:__. Modelos Hidrológicos. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 2005. p. 545-666.

TUNDISI, J. G. MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D.C. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26/07/2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200010>.

UFPEL. Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas. Software SYHDA. Disponível em:< <http://wp.ufpel.edu.br/hidrologiaemodelagemhidrologica/syhda/>> Acesso em 06/10/2017

VESPUCCI, A.G., SANTOS, J.G.R., BAYER, M. Estações fluviométricas do estado de Goiás: qualificação dos dados hidrológicos disponíveis na base HIDROWEB/ANA. *Rev. Ateliê Geográfico*, Goiânia-GO. v. 10, n. 3, 2016. p. 89-108. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/ateliê/issue/view/1652> Acesso em: 11/11/2017

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ªed., Belo Horizonte:DESA - UFMG, 2005. 452p.

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade de água em rios. Belo Horizonte: Ed UFMG, 2007. 588p.

YANAGA, E. Banco de dados. Centro Universitário de Maringá - CESUMAR. Maringá - PR, 2012. 143 p. Disponível em:

<http://www.ead.cesumar.br/moodle2009/lib/ead/arquivosApostilas/1473.pdf>Acesso em: 11/11/2017