

HUMBELINA SILVA SIQUEIRA LOPES

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E DE BIOINDICADORES
DA QUALIDADE DA ÁGUA SOB DIFERENTES AÇÕES
ANTRÓPICAS NA BACIA DO RIO CANOAS NO ESTADO DE
SANTA CATARINA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. David José Miquelluti

Lages, SC

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Silva Siqueira Lopes, Humbelina
Avaliação de atributos químicos e de
bioindicadores da qualidade da água sob diferentes
ações antrópicas na Bacia do Rio Canoas no Estado de
Santa Catarina / Humbelina Silva Siqueira Lopes. -
Lages , 2017.
127 p.

Orientador: David José Miquelluti
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages,
2017.

1. Contaminação. 2. Bioindicadores. 3. Elementos-
traço. I. Miquelluti, David José . II. Universidade
do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação. III. Título.

HUMBELINA SILVA SIQUEIRA LOPES

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E DE BIOINDICADORES DA
QUALIDADE DA ÁGUA SOB DIFERENTES AÇÕES ANTRÓPICAS NA BACIA
DO RIO CANOAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Ciência do Solo.

Banca examinadora:

Orientador: _____

Prof. Dr. David José Miquelluti
(UDESC – Lages, SC)



Membro Externo: _____

Prof. Dr. Francisco Nildo da Silva
(UNILAB – Redenção, CE)

Membro Externo: _____

Pesquisador Dr. Luciano Gebler
(EMBRAPA Uva e Vinho – Vacaria, RS)

Membro Interno: _____

Prof.^a Dra. Mari Lucia Campos
(UDESC, Lages, SC)

Membro Interno: _____

Prof.^a Dra. Josiane Teresinha Cardoso
(UDESC, Lages, SC)

Lages, SC, 31 de março de 2017

Dedico este trabalho com muito carinho aos meus familiares em especial, ao meu amado Luiz Eduardo Diaz de Carvalho e a minha tia Gilmara Silva de Siqueira.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** por estar presente em minha vida em todos os momentos, apesar das dificuldades me faz acreditar que tudo é possível.

Ao meu amado, Luiz Eduardo Diaz de Carvalho pela força, carinho, apoio, compreensão e sugestões nas ilustrações.

Aos professores, David José Miquelluti e Mari Lúcia Campos pelos esclarecimentos, sugestões e ensinamentos prestados.

À professora Josiane Teresinha Cardoso pela oportunidade, pelos esclarecimentos e aprendizado em trabalhar com os Macroinvertebrados bentônicos.

Ao professor Francisco Nildo da Siva pelos esclarecimentos e sugestões no trabalho.

Ao Oscar Carvalho e a equipe do PROCAMPO pela força e ilustração dos mapas da Bacia do Rio Canoas.

À CAPES pela bolsa concedida e a Universidade Estadual de Santa Catarina UDESC/CAV pela oportunidade de realizar o doutorado no programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Aos colegas de aula e laboratório de levantamento ambiental do Departamento de Solos e Recursos Naturais pelo auxílio no decorrer das disciplinas, do experimento e amizades cultivadas.

Aos colegas do laboratório de Toxicologia do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária pelo auxílio durante o experimento.

A todos os tios e tias em especial tia Gilmara, que vem sempre me apoiando da melhor maneira possível.

Ao meu pai David Ferreira, Edilene e aos irmãos (a) que estão sempre torcendo e me dando forças para lutar.

Aos falecidos, meus avôs Maria Eliza e Israel Siqueira, minha mãe Maria Rogilna e meu irmão Ismael, (*in memoriam*), embora não estejam presentes sei que em algum lugar devem estar orgulhosos e felizes com a minha conquista.

A todas as pessoas que de forma direta e/ou indiretamente contribuíram para elaboração deste trabalho, os meus sinceros votos de agradecimento. Obrigada!

RESUMO

LOPES, H. S. S. **Avaliação de atributos químicos e de bioindicadores da qualidade da água sob diferentes ações antrópicas na Bacia do Rio Canoas no estado de Santa Catarina.** 2017. 127p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2017.

A importância de se preservar os recursos hídricos tem redobrado a atenção quanto ao seu uso e destino, sendo um dos principais meios de conservar a biodiversidade presente. A Bacia do Rio Canoas é considerada uma das maiores do Estado de Santa Catarina; dentro da sua extensão localizam-se atividades industriais, mineração, agricultura e pecuária, que podem comprometer a qualidade das águas do rio principal, o Canoas, e seus afluentes colocando em risco o ecossistema aquático através de contaminações por elementos-traço oriundas destas atividades. Os elementos-traço nos ecossistemas aquáticos podem encontrar-se distribuídos na água (nas formas particulada, coloidal e dissolvida), na biota e nos sedimentos. Os elementos-traço presentes na água são resultados da lixiviação química das rochas, das drenagens de água, do escoamento das margens e das descargas de águas residuais urbanas e industriais. Sabe-se que o Rio Canoas tem sido alvo de despejos de efluentes provenientes da indústria de papel e celulose, efluentes orgânicos e tóxicos das concentrações urbanas e agrotóxicos das lavouras, desde então este quadro justifica estudos no sentido de avaliar o teor de elementos-traço na bacia do mesmo, identificando também as principais atividades antrópicas do local e os impactos que o homem pode causar em termos de contaminação ambiental. Os ecossistemas de água doce são altamente dinâmicos, caracterizando-se por apresentarem uma grande variabilidade e complexidade de fatores bióticos e abióticos, os quais, quando associados promovem heterogeneidade ambiental e conseqüentemente a variabilidade e dinamismo nas comunidades locais. Não há até o momento um único trabalho que tenha integrado dados sobre a Bacia do Rio Canoas e sua biodiversidade bêntica correlacionando-as com as atividades antrópicas do local através do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e a avaliação dos elementos-traço em água e sedimento, portanto devido à relevância do assunto o estudo avaliará a presença de elementos-traço em água e sedimentos e bioindicadores da qualidade da água sob diferentes ações antrópicas na Bacia do Rio Canoas no estado de Santa Catarina. Esta tese está dividida em dois capítulos: No Capítulo I são apresentados e discutidos os resultados referentes aos elementos-traço em água e sedimentos de fundo, margem e solo, variáveis físico-químicas da água, a textura do sedimento de fundo, margem e solo e as características químicas do sedimento de margem e solo; e no Capítulo II são apresentadas as análises qualitativas dos macroinvertebrados bentônicos, identificando-os, quando possível, até o nível de Famílias, classificação da qualidade da água através do índice BMWP' e ocorrência e diversidade dos táxons.

Palavras-chave: Contaminação. Bioindicadores. Elementos-traço.

ABSTRACT

LOPES, H. S. S. **Evaluation of chemical attributes and bioindicators of water quality under different anthropogenic actions in the Canoas River Basin in the state of Santa Catarina.** 2017, 127p. Thesis (Doctorate degree in Soil Science) - State University of Santa Catarina. Postgraduate Program in Soil Science, Lages, 2017.

The importance of preserving water resources has increased attention to its use and destination, being one of the main means to conserve biodiversity. The Canoas River Basin is considered one of the largest in the State of Santa Catarina; within its scope are industrial activities, mining, agriculture and livestock, which can compromise the quality of the waters of the main river, the Canoas, and its tributaries, putting at risk the aquatic ecosystem through contaminations by trace elements from these activities. Trace elements in aquatic ecosystems may be distributed in water (in particulate, colloidal and dissolved forms), in biota and in sediments. The trace elements present in water are the result of chemical leaching of rocks, water drainage, river runoff and urban and industrial wastewater discharges. It is known that Rio Canoas has been subject to effluents from the pulp and paper industry, organic and toxic effluents from the urban concentrations and agrochemicals of the plantations, since this framework justifies studies in order to evaluate the content of trace elements In the basin of the same, also identifying the main anthropic activities of the place and the impacts that the man can cause in terms of environmental contamination. Freshwater ecosystems are highly dynamic, characterized by a great variability and complexity of biotic and abiotic factors, which, when associated, promote environmental heterogeneity and, consequently, variability and dynamism in local communities. So far, there has not been a single work that has integrated data on the Canoas River Basin and its benthic biodiversity correlating them with the local anthropic activities through the monitoring of the physical-chemical parameters and the evaluation of trace elements in water and sediment, therefore due to the relevance of the subject the study will evaluate the presence of trace elements in water and sediment and bioindicators of water quality under different anthropogenic actions in the Canoas River Basin in the state of Santa Catarina. This thesis is divided into two chapters: In Chapter I, results are presented and discussed for the trace elements in water and bottom sediments, margin and soil, physical-chemical variables of the water, the texture of the bottom sediment, margin and soil and the chemical characteristics of the sediment of margin and soil; and Chapter II presents the qualitative analyzes of benthic macroinvertebrates, identifying them, where possible, to the level of families, classification of water quality through the BMWP index and occurrence and diversity of taxa.

Keywords: Contamination; Bioindicators; Trace elements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pontos amostrais localizados na Bacia do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina, SC.....	51
Figura 2 - Pontos georreferenciados na Bacia do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina, SC	53
Figura 3 - Flutuação populacional de macroinvertebrados bentônicos nos períodos de DEZ/2014 a NOV/2015 na Bacia do Rio Canoas, SC	97
Figura 4 - Gráfico de agrupamento dos macroinvertebrados bentônicos nos ambientes estudados entre os meses de DEZ/2014 a NOV/2015	102
Figura 5 - Qualidade de água por meio do índice BMWP' em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores máximos permitidos (VMP) nos parâmetros físico-químicos da água, conforme a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e nº 430 de 2011	44
Tabela 2 - Valores orientadores conforme a Resolução CONAMA nº 452/2012.....	45
Tabela 3 - Valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/2009 para solos em mg kg ⁻¹	45
Tabela 4 - Coordenadas georreferenciados dos dez pontos de coleta na Bacia do Rio Canoas em Santa Catarina, SC	46
Tabela 5 - Descrição dos pontos de amostragem na Bacia do Rio Canoas, SC	52
Tabela 6 - Valores médios certificados e encontrados (mg L ⁻¹) dos elementos da amostra referência NIST 1640a (<i>Trace Elements in Natural Water</i>) e limite de detecção instrumental e limite de detecção qualitativa do método (LDI e LDQM) respectivamente.....	55
Tabela 7 - Valores médios certificados (mg L ⁻¹) e recuperação (%) dos elementos da amostra referência NIST SRM 2709a (<i>San Joaquin</i>) e limites de detecção instrumental (LDI).....	56
Tabela 8 - Características físico-químicas da água na Bacia do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina no período de DEZ/14 a NOV/15	58
Tabela 9 - Concentrações totais de Magnésio em água no período de DEZ/14 a NOV/15 realizada em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC.....	61
Tabela 10 - Características da granulometria do sedimento de fundo, margem e solo nos pontos de amostragem na Bacia do Rio Canoas.....	63
Tabela 11 – Características químicas dos pontos de amostragem às margens da Bacia do Rio Canoas no período de DEZ/14.....	66
Tabela 12 - Classificação dos parâmetros químicos, de acordo com seus respectivos níveis..	67
Tabela 13 - Valores de pH nos pontos de amostragem às margens dos rios no período de DEZ/14 a NOV/15 realizada em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC	69
Tabela 14 - Classes de interpretações para a acidez ativa do solo	70
Tabela 15 - Concentrações totais média dos elementos-traço em sedimento de fundo no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC (Continua) .	72
Tabela 16 - Concentrações totais média de cobalto nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC.....	75

Tabela 17 - Concentrações totais média de cromo nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC.....	76
Tabela 18 - Concentrações totais média de cobre nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC.....	77
Tabela 19 - Concentrações totais média de zinco nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC.....	78
Tabela 20 - Valores de coeficientes de correlação linear de Pearson entre as concentrações dos metais medidos no sedimento de fundo e pontos amostrado nas margens	78
Tabela 21 - Valores de coeficientes de correlação linear de Pearson entre a concentrações dos metais com a granulometria medidos no sedimento de fundo e pontos amostrados nas margens.....	79
Tabela 22 - Classificação de qualidade da água e significado dos valores do <i>Biological Monitoring Work Party Score System</i>	95
Tabela 23 - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados em dez pontos na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/14 a NOV/15 (Continua).	98
Tabela 24 - Valores dos índices de Diversidade Shannon-Wiener, Diversidade de Simpson e riqueza encontradas nos pontos amostrais na Bacia do Rio Canoas, SC.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
Al	Alumínio
BMWP	<i>Biological Monitoring Work Party Score System</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Cd	Cádmio
CE	Condutividade Elétrica
Co	Cobalto
Cu	Cobre
Cr	Cromo
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
Fe	Ferro
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
K	Potássio
LDI	Limite de Detecção Instrumental
LDQM	Limite de Detecção Qualitativa do Método
ICP-OES	<i>Spectrometry Mass with Inductively Coupled Plasma Optical</i>
ISO	<i>International Organization of Standardization</i>
MO	Matéria Orgânica
$\mu\text{S cm}^{-1}$	Microsiemens por centímetro
mg L^{-1}	Miligramas por litro
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
SAS	Statistical Analysis System

SRM	<i>Standard Reference Materials</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
VMP	Valores Máximos Permitidos
VP	Valor de Prevenção
Zn	Zinco

RESUMO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	29
1.1	HIPÓTESES.....	30
1.1.1	Hipótese geral.....	30
1.1.2	Hipóteses específicas.....	30
1.2	OBJETIVOS.....	31
1.2.1	Objetivo geral.....	31
1.2.2	Objetivos específicos.....	31
	REFERÊNCIAS.....	33
2	CAPÍTULO 1: AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM ÁGUA, SEDIMENTO E SOLO SOB INFLUÊNCIA DE AÇÕES ANTRÓPICAS NA BACIA DO RIO CANOAS.....	34
	RESUMO.....	34
	ABSTRACT.....	35
3	INTRODUÇÃO.....	36
3.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA.....	38
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS.....	38
3.2.1	Ferro, Manganês e Cobalto.....	39
3.2.2	Cromo, Cobre e Zinco.....	40
3.2.3	Cádmio e Chumbo.....	42
3.2.4	Alumínio.....	43
3.2.5	Magnésio.....	43
3.3	PADRÕES DE QUALIDADE ESTABELECIDO PELO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA).....	44
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	45
4.2	META DADOS RELATIVOS ÀS CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO CANOAS.....	46
4.2.1	Área de estudo no Rio Canoas.....	46
4.2.2	Área de estudo no Rio Caveiras.....	48
4.2.3	Área de estudo no Rio Marombas.....	49
4.2.4	Áreas de estudo nos Rios Inferno Grande e São João.....	50
4.3	PONTOS AMOSTRAIS.....	50
4.4	AMOSTRAGEM E LEITURAS.....	53
4.5	ANÁLISE DE DADOS.....	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA.....	56
5.2	CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS NAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO CANOAS.....	60
5.3	CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DE FUNDO, MARGEM E SOLO.....	62
5.3.1	Classe textural nos pontos de amostragem.....	62
5.3.2	Análise química dos pontos de amostragem às margens do Rio Canoas e seus afluentes.....	64
5.3.3	Elementos-traço no sedimento de fundo.....	70

5.3.4	Elementos-traço nos pontos de amostragem às margens do rio Canoas e seus afluentes	74
6	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	81
7	CAPÍTULO 2: AVALIAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO CANOAS, SC/BRASIL	89
	RESUMO	89
	ABSTRACT	90
8	INTRODUÇÃO	91
8.1	ÍNDICE BMWP (Biological Monitoring Work Party Score System)	92
9	MATERIAIS E MÉTODOS	94
9.1	ÁREA DE ESTUDO	94
9.2	COLETA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	94
9.3	ANÁLISE DE DADOS	95
10	RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
10.1	OCORRÊNCIA E RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA BACIA DO RIO CANOAS, SC, NOS PERÍODOS DE DEZ/2014 A NOV/2015	95
10.2	ÍNDICE BMWP'	103
12	CONCLUSÕES	109
13	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
	REFERÊNCIAS	111
	ANEXOS	119

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a relação entre o homem e o meio ambiente continua sendo um grande desafio na preservação dos recursos hídricos.

Alguns rios no estado de Santa Catarina tem sofrido contaminações por atividades antrópicas por meio de despejos de esgotos domésticos, efluentes de mineração, indústrias e atividade agrícolas. Dentre as formas de contaminação, encontram-se os metais pesados ou elementos-traço, que em altas concentrações causam risco ao meio ambiente e à saúde humana.

A expressão metal pesado não necessariamente apresenta a melhor definição para os elementos, podendo também ser referida como “metais traço”, “metais tóxicos”, “elementos-traço”, entre outros (ADRIANO, 2001; KABATA PENDIAS, 2001).

O Estado de Santa Catarina é composto por dez regiões hidrográficas (RH), sendo a bacia do Rio Canoas a maior em extensão no Estado (COMITÊ DO RIO CANOAS, 2014) localizada na região RH-4, Planalto de Lages, da qual fazem parte o Rio Canoas e o Rio Pelotas (FERREIRA, 2007).

Segundo Ferreira (2007) ao todo são 28 municípios dentro da Bacia do Rio Canoas, onde prevalece a atividade agropecuária com 70 % da produção de alho e 47 % da produção de maçã do Estado, sendo também a responsável pelo maior rebanho bovino de Santa Catarina. Na área industrial, merecem destaque as indústrias de madeira, papel e celulose e do ramo mobiliário, totalizando 896 indústrias registradas pela SDM, em 1997.

De acordo com os dados atualizados e mapeados pela empresa PROCAMPO Ltda., este número chega a ser maior, totalizando 32 municípios localizados na Bacia do Rio Canoas numa população estimada de 448.472 habitantes (IBGE, 2010). Para maiores detalhes *Vide* Anexo A.

As principais fontes poluidoras da região RH-4 são os esgotos urbanos, os despejos industriais e o assoreamento (devido ao desmatamento e manejo inadequado do solo) (SDM, 1997). Entretanto as áreas de mineração e tratamento de água também exercem influência de forma direta e/ou indireta na contaminação dos corpos hídricos.

Dados levantados pela FATMA (2007) mostram que o Rio Canoas, à jusante da cidade de Otacílio Costa, apresenta a qualidade da água bastante comprometida, bem como o Rio Caveiras à jusante da cidade de Lages. A poluição nestes trechos é produzida pelo

processamento intensivo de celulose e seus derivados por indústrias de grande porte, além da deposição de esgoto doméstico bruto diretamente sobre os rios.

De modo geral, os principais problemas ambientais na região da bacia do Rio Canoas como um todo, são a destinação inadequada de lixos domésticos e hospitalares, abatedouros clandestinos, despejos de fábrica de polpa de celulose, postos de lavação, áreas de mineração, o uso intenso de produtos químicos em áreas agrícolas, o uso excessivo de dejetos suíno, o desmatamento da mata ciliar e a exposição do solo aos processos de erosão.

O monitoramento utilizando indicadores biológicos mostra-se bastante eficiente na detecção de agentes estressores e o seu efeito geral sobre a dinâmica dos ecossistemas. Dentro das comunidades aquáticas, os macroinvertebrados bentônicos têm sido um dos mais utilizados a fim de diagnosticar e monitorar alterações ambientais.

Não há até o momento um único trabalho que tenha integrado dados sobre a bacia do Rio Canoas e sua biodiversidade bêntica correlacionando às atividades antrópicas do local através do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e a avaliação dos elementos-traço em água e sedimento, portanto devido à relevância do assunto, o estudo levantará dados exploratórios para a avaliação de elementos-traço e bioindicadores da qualidade da água, sob diferentes ações antrópicas.

1.1 HIPÓTESES

1.1.1 Hipótese geral

A Bacia do Rio Canoas sofre pressões por atividades antrópicas gerando contaminantes que atingem os corpos hídricos, sedimentos e solos. Há variação nas concentrações desses contaminantes durante as estações do ano, modificando a população de organismos sensíveis pertencentes aos macroinvertebrados bentônicos.

1.1.2 Hipóteses específicas

Existe o aporte de elementos-traço na Bacia do Rio Canoas resultante de atividades antrópicas;

Existe relação entre a concentração de elementos-traço na água e sedimento e a qualificação da população dos organismos bentônicos;

Existe relação entre as variáveis físico-químicas da água e os organismos bentônicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Quantificar substâncias químicas em água, sedimento e solo e qualificar os macroinvertebrados bentônicos do sistema aquático relacionando-os com às atividades antrópicas na Bacia do Rio Canoas.

1.2.2 Objetivos específicos

Quantificar os teores de Al, Fe, Mg, K, Cd, Mn, Pb, Zn, Cu e Co em água na Bacia do Rio Canoas;

Quantificar os teores de Co, Cr, Cu e Zn em sedimento de fundo, margem e solo na Bacia do Rio Canoas;

Quantificar e qualificar os organismos bentônicos presentes nos sedimentos na Bacia do Rio Canoas;

Correlacionar os teores de elementos-traço à abundância e riqueza dos organismos bentônicos;

Correlacionar os teores de elementos-traço às atividades antrópicas;

Correlacionar os teores de elementos-traço com a qualidade da água por meio do índice BMWP’;

Correlacionar os parâmetros físico-químicos da água com os organismos bentônicos;

Comparar os dados obtidos das análises físico-químicas da água com os dados estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, D. C. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. 2nd ed. New York: Springer Verlag, 2001.

COMITÊ CANOAS, 2014. Notícias: Aprovado o projeto águas da serra – Monitoramento da qualidade e quantidade da água na bacia hidrográfica do Rio Canoas.

Disponível em: <http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br/sirhsc/noticia_visualizar.jsp?idNoticia=1606&idEmpresa=23>. Acesso em Dez, 2014.

FERREIRA, C. M. **Cenários de uso e outorga de água para a bacia hidrográfica do Rio Canoas: Uma contribuição à gestão social da água.** 161f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2007.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE- FATMA. Plano de Manejo do Parque Estadual Rio Canoas – Encarte 2. Análise Regional. 2007.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

SECRETARIA DO ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE -SDM. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral.** Florianópolis:,1997.

2 CAPÍTULO 1: AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM ÁGUA, SEDIMENTO E SOLO SOB INFLUÊNCIA DE AÇÕES ANTRÓPICAS NA BACIA DO RIO CANOAS

RESUMO

O Rio Canoas tem sido alvo de despejos de efluentes provenientes da indústria de papel e celulose, efluentes orgânicos e tóxicos das concentrações urbanas e agrotóxicos das lavouras. O trabalho teve como objetivo quantificar os elementos-traço em água, sedimento de fundo, margem e solo relacionando-as às atividades antrópicas, além de comparar os parâmetros físico-químicos da água *in loco* para fim de enquadramento nas Classes de limitações de uso do CONAMA (resolução 357/2005) sob diferentes períodos na Bacia do Rio Canoas, SC, Brasil. Os locais de estudo situaram-se nas cidades de Urubici, Otacílio Costa, Paineira, Lages, Campos Novos, Frei Rogério, São Cristóvão do Sul e Correia Pinto localizados no Estado de Santa Catarina. Foram coletadas amostras de água, sedimento de fundo, margem e solo no entorno do rio, na região de nascente até o mais próximo da foz do Rio Canoas. As amostras de água foram coletadas em recipientes de polietileno capacidade para 1 L, seguindo o protocolo descrito por APHA (2005). O sedimento de fundo foi coletado com o uso de um coletor específico para pesquisa e o sedimento de margem e solo com o uso do trado holandês, sendo as amostras identificadas e armazenadas em sacos plásticos. As coletas foram bimestrais, compreendendo períodos sazonais realizadas em seis campanhas, totalizando 60 amostras de água, 60 amostras de sedimento de fundo, 36 amostra de sedimento de margem e 24 amostras de solo. Foram determinadas *in loco* as variáveis pH, turbidez, temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Para a extração total dos elementos-traço em água, a digestão foi realizada em duplicata, em forno micro-ondas utilizando-se a metodologia descrita por APHA (2005). Para sedimento e solo, a abertura das amostras foram procedidas em bloco digestor pelo método da Água Régia (HCl + HNO₃), na proporção de 3:1 (ISO 11466, 1995; ISO 11047, 1998) utilizando-se materiais de referência certificados para validação do método analítico. As quantificações dos elementos-traço foram realizadas em espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A qualidade da água na Bacia do Rio Canoas se enquadrou dentro da Classe 2. Foi quantificado magnésio (Mg) na água, não sendo este tratado como problema em águas sub e superficiais. No alto da Bacia do Rio Canoas, as concentrações de Cu acima do Nível I variaram entre os pontos de região de nascente (CNUR1 e CNUR2) e o ponto CNCP4, enquanto no médio e baixo da Bacia, as concentrações de Cr e Zn excederam o permitido pelo CONAMA 454/12 nos pontos CVLA2, IFCN1 e SJCN1. No sedimento de margem as concentrações estiveram acima daquelas do CONAMA 454/12 para Cu e Zn, enquanto no solo o teor de Cu excedeu o permitido pelo CONAMA nº 420/2009. As atividades agrícolas e a deposição de esgoto doméstico foram os principais responsáveis pelo aumento das concentrações de elementos-traço nos compartimentos de sedimento de fundo, margem e solo.

Palavras-chave: Elementos-traço. Características físico-químicas. Qualidade de água.

EVALUATION OF CHEMICAL ATTRIBUTES IN WATER, SEDIMENT AND SOIL UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPIC ACTIONS IN THE CANOAS RIVER BASIN.

ABSTRACT

The Canoas River has been subject to effluents from the pulp and paper industry, organic and toxic effluents from the urban concentrations and agrochemicals of the plantations. The objective of this study was to quantify trace elements in water, bottom sediment, margin and soil in relation to anthropic activities, as well as to compare the physico-chemical parameters of water in loco to fit the Classes of limitations of use CONAMA (resolution 357/2005) under different periods in the Canoas River Basin, SC, Brazil. The study sites were located in the cities of Urubici, Otacílio Costa, Paineira, Lages, Campos Novos, Frei Rogério, São Cristóvão do Sul and Correia Pinto located in the State of Santa Catarina. Were collected samples of water, bottom sediment, margin and soil the side of the river In the spring region As far as the mouth of the Canoas River. The water samples were collected in 1 L polyethylene containers, following the protocol described by APHA (2005). The bottom sediment was collected with the use of a specific collector for research and the margin and soil sediment with the use of the Dutch auser, and the samples were identified and stored in plastic bags. The collections were bimonthly, comprising seasonal periods in six campaigns, totaling 60 water samples, 60 bottom sediment samples, 36 margin sediment samples and 24 soil samples. Were determined on site the variables pH, turbidity, temperature, electrical conductivity and dissolved oxygen. For the total extraction of trace elements in water, the digestion was performed in duplicate in a microwave oven using the methodology described by APHA (2005). For sediment and soil, the samples were run in a 3: 1 (ISO 11466, 1995; ISO 11047, 1998) digestion block using the Certified Water Reference (HCl + HNO₃) method validation of the analytical method. The trace element quantifications were performed in an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES). Water quality in the Canoas River Basin was classified as Class 2. Magnesium (Mg) was quantified in water, which was not treated as a problem in sub and superficial waters. At the top of the Canoas River Basin, concentrations of Cu above Level I varied between the points of the source region (CNUR1 and CNUR2) and the CNCP4 point, while in the middle and lower of the Basin, Cr and Zn concentrations exceeded allowed by CONAMA 454/12 in points CVLA2, IFCN1 and SJCN1. In the margin sediment the concentrations were above those of CONAMA 454/12 for Cu and Zn, while in the soil the Cu content exceeded that allowed by CONAMA n° 420/2009. The agricultural activities and the deposition of domestic sewage were the main responsible for the increase of trace element concentrations in the bottom sediment, margin and soil compartments.

Keywords: Heavy metals. Physico-chemical characteristics. Water quality.

3 INTRODUÇÃO

A crescente expansão demográfica e industrial observada nas últimas décadas trouxe como conseqüência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios (ALVES et al., 2010). Com a contaminação dos rios, ocorrem novas alterações nas características físicas, químicas e biológicas das águas, interferindo em sua qualidade (AGUIAR, 2007), principalmente quando a água é usada para o consumo humano (DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001), e outros alimentos destas retirados, como o peixe (WARREN; HAACK, 2001).

A poluição das águas é gerada por efluentes domésticos (poluentes orgânicos, biodegradáveis, nutrientes e bactérias), efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo das atividades industriais) e carga difusa urbana e agrícola (CETESB, 2001; BELÓ et al., 2010).

Os contaminantes presentes nas águas superficiais podem se encontrar em solução ou em suspensão. Tais formas podem ser transportadas pela água por longas distâncias. As distâncias percorridas pelos contaminantes dependem de sua estabilidade, estado físico e do fluxo do corpo d'água (ALVES et al., 2010).

Segundo Tucci (2002), as fontes de poluição podem ser pontuais, difusas e mistas. Cada uma das fontes de poluição gera certo grau de poluição no corpo hídrico que pode ser mensurado por meio de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes que, por sua vez, são identificadas por variáveis de qualidade das águas, sofrendo contínuas alterações temporais e espaciais (LEITE, 2014).

Os sedimentos são constituídos de substratos geoquímicos, dos quais os mais importantes são aqueles que têm a capacidade de reter e concentrar elementos-traço (ALVES et al., 2010). Esses substratos possuem alta superfície específica e alta capacidade de troca catiônica. Os substratos mais comuns nos sedimentos de rios são os óxidos de ferro e manganês, matéria orgânica e argilominerais (COTTA, 2003).

Os elementos-traço podem ser retidos nos sedimentos por diferentes mecanismos. As formas como se associam e migram nesses ambientes incluem a adsorção, complexação, precipitação e assimilação biológica (SOUZA et al., 2015).

A associação química de espécies metálicas em sedimentos fornecem indicações acerca da possibilidade de liberação dos metais por processos, com efeitos tóxicos sob determinadas condições ambientais (BELADEL et al., 2012). O conhecimento das formas de

suas ligações químicas, nos sedimentos, serve para reconhecer as fontes específicas de poluição no sistema aquático.

As análises de sedimentos aquáticos podem fornecer informações sobre a qualidade da água, como detectar a presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos, que sedimentam de acordo com sua densidade e solubilidade (CRUVINEL; ROSOLEN, 2011).

O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais-traço, que em função de suas características, podem ser facilmente lixiviados, penetrando na cadeia alimentar dos organismos vivos e colocando em risco a qualidade das águas em aquíferos (CASARTELLI; MIEKELEY, 2003).

No solo, os elementos-traço podem ser encontrados na solução do solo; adsorvidos eletrostaticamente aos sítios de troca; incorporados à superfície da fase inorgânica, como óxidos de Al, Fe e de Mn; participando de reações de precipitação e dissolução; e ligados a compostos orgânicos (MARTINS et al., 2011).

A qualidade do solo é influenciada por diversos fatores, entre os quais, destaca-se o teor de elementos-traço, que é variável de um solo para outro, devido às condições edafoclimáticas da região e ao sistema de produção (MARTINS et al., 2011).

A Bacia do Rio Canoas apresenta grande extensão e representa grande importância para o estado de Santa Catarina. Poucos são os trabalhos que relacionam a qualidade da água no rio principal e afluentes e seu estado de conservação, com as pressões exercidas por atividades antrópicas locais (entre elas: pesca, lazer, irrigação e outras atividades), que permitam uma maior compreensão sobre essa interação.

Até o presente momento não existem trabalhos relacionados à bacia estudada que associemos os teores de elementos-traço em água, sedimento e solo com a presença de bioindicadores na qualidade da água sob diferentes ações antrópicas.

Diante do exposto, o estudo teve como objetivo caracterizar as águas, sedimentos de fundo, margem e solo quanto à poluição por elementos-traço correlacionando-os às atividades antrópicas e comparar os parâmetros físico-químicos da água *in loco* para fim de enquadramento nas Classes de limitações de uso do CONAMA da resolução 357/2005 na Bacia do Rio Canoas, SC.

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

As análises físico-químicas permitem avaliar o tipo de poluição e de contaminação da água associados às atividades antrópicas, sendo que os parâmetros mais utilizados neste tipo de monitoramento são oxigênio dissolvido, temperatura da água, turbidez, cor, pH e a concentração de fósforo. Neste estudo foram avaliados: turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica.

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e dispersão da luz causada pelos sólidos em suspensão (ANA, 2009).

A temperatura é um fator que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos na água. Todos os organismos que ali vivem são adaptados para uma determinada faixa de temperatura e possuem um valor preferencial. Eles conseguem suportar oscilações e especialmente aumento da temperatura somente até determinados limites (PAIVA, 2004).

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, uma vez que vários organismos precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg L^{-1} , exceto se houver condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (ANA, 2017).

O pH é um parâmetro importante na avaliação de um corpo hídrico, uma vez que influencia o processo biológico que ocorre no sistema aquático, bem como a toxicidade e mobilidade de alguns compostos presentes (SILVA, 2006). Com a diminuição do pH das águas, pode ocorrer a solubilização de vários metais, poluindo o meio aquático. Nesse contexto, a compreensão da dinâmica desses elementos nos compartimentos de água superficial e sedimento de fundo, auxiliam no monitoramento da qualidade do meio ambiente (BRANDELERO, 2015).

A condutividade elétrica expressa à capacidade de condução de corrente elétrica de sais dissolvidos e ionizados presentes na água e pode ser utilizada como parâmetro de avaliação de qualidade, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes (CETESB, 2009).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

3.2.1 Ferro, Manganês e Cobalto

O ferro (Fe) é um metal importante e um dos principais constituintes da litosfera, ele desempenha um papel especial no comportamento de vários elementos-traço, é quimicamente reativo e tem comportamento similar a outros metais especialmente cobalto e níquel. Sua abundância em solos é em média 3,5 % sendo provável o seu aumento em solos muito argilosos e em alguns Organosolos (KABATA-PENDIAS, 2011).

O Fe tem participação em processos de óxido-redução, podendo estar presente em águas tanto na forma oxidada Fe^{3+} , como na forma reduzida Fe^{2+} , sendo as concentrações destas duas formas controladas por fatores como pH e potencial redox do meio e temperatura. Na forma Fe^{2+} , o ferro é solúvel na presença de bicarbonato como $Fe(HCO_3)_2$, podendo também aparecer complexado com substâncias orgânicas, ou precipitado como $Fe(OH)_2$, $FeCO_3$ e FeS (ARINE, 2000).

O Fe causa o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$, na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (CETESB, 2009).

O manganês (Mn) e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos (CETESB, 2009). Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ou menos (CETESB, 2009).

O teor médio de Mn em solos do mundo é 488 mg kg^{-1} , seus níveis mais elevados ocorrem em solos argilosos e naqueles influenciados por calcário (KABATA-PENDIAS, 2011). Em rochas sedimentares, os teores de Mn são controlados tanto pela geoquímica quanto pelas condições de oxidação-redução do ambiente deposicional (WEDEPOHL, 1978).

Concentrações de Mn acima de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$, tornam a água desagradável para beber. As águas de irrigação para uso em solos ácidos, não devem exceder a $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ de manganês, enquanto que águas contendo 10 mg L^{-1} devem ser usadas em solos neutros ou alcalinos. As concentrações de 40 mg L^{-1} são letais para certos peixes. As concentrações acima de $0,005 \text{ mg}$

L^{-1} causam efeitos tóxicos em algumas algas. Para a proteção da vida aquática, foi recomendado o valor de $0,05 \text{ mg } L^{-1}$ (EPA, 1972).

O cobalto (Co) é considerado um nutriente essencial, sendo fundamental na produção da vitamina B12, envolvida na manutenção da integridade do sistema nervoso e na produção de glóbulos vermelhos, no entanto, em altas concentrações, torna-se tóxico e carcinogênico aos seres humanos. Na natureza, o cobalto é encontrado em diversos minerais: siegenita $[(Co,Ni)_3S_4]$, esfalerita, heterogenita (óxido básico de Co), linneíta $[(Co, Ni)_3S_4]$ – da série linneíta-polidimita], cobaltita (CoAsS), esmaltita (CoNiAs $_{3-x}$), cobalto-pirita (variedade de pirita com Co), pentlandita $[(Fe,Ni)_9S_8]$, glaucodoto $[(Co,Fe)AsS]$, carrolita (Co $_2$ CuS $_4$), eritrita (arsenato hidratado de Co) e saflorita (CoAs $_2$) (BRANCO 1982). Em rochas ultramáficas, o cobalto apresenta concentrações elevadas, entre 100 e 200 $\text{mg } kg^{-1}$ em contraste com as rochas ácidas, que apresentam concentrações entre 1 e 15 $\text{mg } kg^{-1}$ (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). Nas rochas sedimentares, o Co tende a acompanhar o Fe e o Mn, concentrando-se nas frações finas (TRINDADE, 2010).

3.2.2 Cromo, Cobre e Zinco

O cromo (Cr) é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, galvanização do alumínio, galvanização e decapagem de metais entre outros usos. A maioria das águas superficiais contem entre 1 e 10 $\mu\text{g } L^{-1}$ de cromo. A concentração do metal na água subterrânea geralmente é baixa ($< 1 \mu\text{g } L^{-1}$) (CETESB, 2009) e em solos podendo ser encontrados na concentração de 10 - 150 $\mu\text{g } g^{-1}$ (ARINE, 2000).

Os únicos estados de oxidação importantes do cromo são Cr III e Cr VI em águas naturais, sendo a forma mais comum a trivalente (ARINE, 2000). Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. A Portaria 518/04 estabelece um valor máximo permitido de $0,05 \text{ mg } L^{-1}$ de cromo na água potável (CETESB, 2009).

A toxicidade do Cr para vida aquática é afetada pela espécie e fatores ambientais tais como temperatura, pH, dureza e a presença de outros metais (ALVES, 2002). Os organismos aquáticos apresentam grande variação em relação à sensibilidade ao Cr de 0,03 a 118 $\text{mg } L^{-1}$. Considerando o cromo hexavalente, uma concentração de $0,05 \text{ mg } L^{-1}$ causa a morte de *Daphnia magna* em 6 dias (EPA, 1972).

O cobre (Cu) tem vários usos, como na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) é usado como algicida (CETESB, 2009).

As fontes de Cu para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2009).

Estudos indicam que uma concentração de 20 mg L^{-1} de cobre ou um teor total de 100 mg L^{-1} por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ transmitem sabor amargo à água; acima de 1 mg L^{-1} produzem coloração em louças e sanitários (CETESB, 2009).

Segundo Boaventura (1994) a toxicidade do cobre para a vida aquática varia com a espécie, as características físico-químicas da água e a presença de outros elementos-traço. Para o autor, cádmio, mercúrio, zinco, magnésio e fosfatos exercem uma ação sinérgica na toxicidade do cobre. Concentrações de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ são letais para trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros. Doses acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ são letais para microorganismos (CETESB, 2009).

O zinco (Zn) é um dos elementos mais abundantes, sendo essencial para o ser humano, plantas e animais (ALVES, 2002). Seus compostos são usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, shampoo etc (CETESB, 2009).

O Zn está presente nas rochas graníticas e conseqüentemente a sua presença nos meios aquáticos naturais (ALVES, 2002). A presença nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente são abaixo de $10 \mu\text{g L}^{-1}$; em águas subterrâneas ocorre entre $10\text{-}40 \mu\text{g L}^{-1}$ (CETESB, 2009). Toxicologicamente, é insignificante para o homem, pois pode estar presente em águas potáveis em concentrações de $5.000 \mu\text{g L}^{-1}$ sem maiores problemas (ARINE, 2000).

O nível de concentração de Zn em rochas ígneas é sempre menor nas rochas ácidas do que nas básicas. Os granitos apresentam teores no valor de 50 mg kg^{-1} e basaltos, com 130 mg kg^{-1} (SIEGEL, 1979). Em rochas sedimentares, os valores encontram-se entre 16 mg kg^{-1} a 95 mg kg^{-1} , os mais baixos em rochas quartzosas e carbonáticas e os mais elevados em rochas

argilosas. Alguns folhelhos ricos em matéria orgânica exibem valores maiores que 100 mg kg^{-1} . Em depósitos bauxíticos a sua concentração varia entre $150\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$.

3.2.3 Cádmio e Chumbo

O cádmio (Cd) é um elemento não essencial à vida e apresenta toxicidade mesmo em baixas concentrações, sendo um elemento bioacumulável. Sua contaminação é liberada ao meio ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local (CETESB, 2009).

A maioria das águas doces contém quantidades muito baixas de cádmio e suas concentrações são normalmente inferiores a $1 \mu\text{g L}^{-1}$ (ALVES, 2002). Este elemento tem forte tendência a formar complexos solúveis com cloreto, sulfato, hidróxido, pirofosfato e com derivados de ácidos húmicos (ARINE, 2000).

Nos solos derivados de arenitos e basaltos, a concentração média de Cd é de $0,84 \text{ mg kg}^{-1}$. Solos provenientes de materiais aluvionares de diferentes fontes, podem exibir médias ao redor de $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (ADRIANO, 1986)

O chumbo (Pb) está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos. Nestes, o chumbo tem ampla aplicação industrial, como na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas etc. A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo (CETESB, 2009).

O Pb é um dos metais que é acumulado ao longo da cadeia alimentar. Sua toxicidade é afetada pelo pH, dureza, teor de matéria orgânica e pela presença de outros metais. As concentrações de Pb nas águas de rios podem variar de $0,007$ a $3,8 \text{ mg L}^{-1}$ (BOAVENTURA, 1994).

As rochas ígneas ácidas possuem valores de chumbo maiores do que 10 mg kg^{-1} enquanto que em rochas máficas e ultramáficas a média é em torno de $1 - 5 \text{ mg kg}^{-1}$. Em rochas sedimentares, os maiores valores aparecem em folhelhos, com média de 20 mg kg^{-1} , enquanto que em rochas carbonáticas os valores médios detectados estão em torno de 9 mg kg^{-1} (SIEGEL, 1979)

A química do Pb em sistemas aquáticos é altamente complexa, porque este elemento pode existir em múltiplas formas, sendo suas concentrações em águas superficiais dependente principalmente do pH e de teor de sais dissolvidos na água. Na maior parte dos ambientes

aquáticos, é uma das espécies menos móveis, podendo precipitar nos sedimentos (BOAVENTURA, 1994).

As águas naturais contém chumbo resultante de lixiviação de constituintes do solo, em concentração de 0,2 a 0,6 mg L⁻¹ (BOAVENTURA, 1994). As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg L⁻¹, embora alguns resistam até 10 mg L⁻¹ em condições experimentais (CETESB, 2009).

3.2.4 Alumínio

As águas de rio contêm quantidades elevadas de alumínio (Al) que variam de 2 até mais de 1000 mg L⁻¹, dependendo das rochas e solos. Devido as suas características físico-químicas, capacidade de remoção dos metais por oxidação e baixa solubilidade, o sulfato de alumínio é amplamente utilizado no tratamento de esgotos (SELINUS, 2006).

Sem função biológica definida, a presença de altas concentrações de Al no corpo humano tem sido associada ao desenvolvimento da doença de Alzheimer (SELINUS, 2006).

Na água, o Al pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg L⁻¹, mas aumentam para 0,5 - 1 mg L⁻¹ em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica (CETESB, 2009).

Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg L⁻¹. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (CETESB, 2009).

3.2.5 Magnésio

O magnésio (Mg) é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio, porém, forma sais mais solúveis e difíceis de precipitar (SHUQAIR, 2002).

Na natureza, os minerais que concentram a maior quantidade de Mg são a magnesita (MgCO₃), biotita (K(Mg, Fe²⁺)₃(Al,Fe³⁺)₃Si₃O₁₀(OH,F)₂), dolomita (CaMg(CO₃)₂), granada, piroxênio, clorita e alanita (TRINDADE, 2010). Segundo Wedepohl (1978), as rochas ultramáficas, carbonáticas sedimentares e marinhas e suas equivalentes metamórficas são as que concentram maiores quantidades de magnésio.

Nas águas subterrâneas ocorre com teores entre 1 mg L⁻¹ e 40 mg L⁻¹. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas.

3.3 PADRÕES DE QUALIDADE ESTABELECIDO PELO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA)

O monitoramento e o controle da poluição das águas dos rios, é afetado com base em padrões de qualidade, que definem os limites de concentração de cada substância presentes na água.

Para a análise dos resultados físico-químicos da água, foi consultada a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005). Dados atualizados da resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água receptores, complementa e altera a Resolução nº 357, de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. A Tabela 1 representa os valores máximos permitidos (VMP) dos parâmetros físico-químicos da água conforme a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e 430 de 2011.

Tabela 1 - Valores máximos permitidos (VMP) nos parâmetros físico-químicos da água, conforme a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e nº 430 de 2011

Variáveis	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Turbidez (UNT)	40	100	100
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9
OD (mg. L ⁻¹)	>6	>5	>4
Temperatura (°C)	<40	<40	<40

Fonte: CONAMA (2005a; 2011b)

Até o presente momento, o Brasil não possui uma legislação específica para a determinação de metais e da qualidade dos sedimentos que considere os efeitos nocivos à biota (TRINDADE, 2010). No entanto, trabalhos realizados no território nacional geralmente são balizados pelo CONAMA (Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012).

Para avaliação do grau de poluição ambiental dos sedimentos foram adotados os níveis de referência para metais obtidos na Resolução CONAMA nº 454/2012. A Resolução CONAMA nº 454/2012 estabelece os níveis de classificação do material a ser dragado (sedimento) para os elementos As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn, tendo como referência a

legislação canadense (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) elaborada pelo CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (CCME 1999). Essa legislação normatiza os valores-guias de qualidade dos sedimentos, representados por dois valores: TEL (threshold effect level) e PEL (probable effect level), respectivamente Nível-I e Nível- II da Resolução CONAMA nº 454/2012 (Nível I: limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; Nível II: limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota). Na Tabela 2 estão representados os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 454/2012 dos metais avaliados em estudo.

Tabela 2 - Valores orientadores conforme a Resolução CONAMA nº 452/2012

Elementos	Co	Cr	Cu	Zn
Nível I (mg Kg ⁻¹) ⁽¹⁾	..	37,3	35,7	123
Nível II (mg Kg ⁻¹) ⁽²⁾	..	90	197	315

⁽¹⁾Nível I- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; ⁽²⁾Nível II - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Fonte: CONAMA (2012)

Nota: Sinal convencional utilizado .. Não se aplica dado numérico.

Para fins de comparações de elementos-traço em solos, a Resolução CONAMA nº 420/2009 “dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas” (BRASIL, 2009). Na Tabela 3 estão representados os valores orientadores para solos estabelecido pela Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009.

Tabela 3 - Valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/2009 para solos em mg kg⁻¹

Elementos	Prevenção	Investigação		
		Agrícola APM_{ax}	Residencial	Industrial
Co	25	35	65	90
Cr	75	150	300	400
Cu	60	200	400	600
Zn	300	450	1.000	2.000

Fonte: CONAMA (2009)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Bacia do Rio Canoas em dez pontos georreferenciados desde a região de nascente até a região da sua foz no Estado de Santa Catarina (Tabela 4). A decisão

na escolha dos pontos levou em consideração as sub-regiões da Bacia Hidrográfica, o tipo de alterações antrópicas aos quais elas estavam submetidas, além da acessibilidade aos locais de coleta.

Tabela 4 - Coordenadas georreferenciados dos dez pontos de coleta na Bacia do Rio Canoas em Santa Catarina, SC

Pontos de coleta	X Coordenadas mE	Y Coordenadas mS	Altitude (m)
CNUR1	658611.73	6897542.32	971
CNUR2	639326.12	6904533.22	898
CNOT3	584243.97	6959691.26	855
CNCP4	561587.61	6951024.85	833
CVPA1	578816.96	6917648.51	895
CVLA2	558761.65	6916406.00	865
MASC1	552845.35	6989587.11	885
MAFR2	525946.59	6988684.60	812
IFCN1	498106.85	6974732.91	892
SJCN1	484373.65	6970147.32	863

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/ Ponto 2;IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/ Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/ Ponto 1.

Nota: Georreferenciados com aparelho GPS Garmin Quest, projeção UTM

Fonte: Próprio autor (2017).

Na primeira fase do desenvolvimento do trabalho, foi realizado um levantamento em nível exploratório nos pontos de coleta caracterizando-se a distribuição populacional com base nos dados do IBGE (IBGE, 2015). Também foram efetuados o registro de ocorrências de anormalidades, como por exemplo, presença/ausência de peixes, presença de odores e as atividades econômicas envolvidas, além das características físico-químicas das águas do Rio.

4.2 META DADOS RELATIVOS ÀS CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO CANOAS

4.2.1 Área de estudo no Rio Canoas

O Rio Canoas apresenta uma área de 15.012 km², densidade de drenagem de 1,66 km/km² e vazão mínima média de 280 m³/s (FATMA, 2007), sua extensão até a confluência é de 514 km e o somatório de seus afluentes é de 24.992 km (SDM, 1997). A água do Rio Canoas é usada para fins domésticos e industriais, irrigação e dessedentação de animais (PAIVA, 2004).

O município de Urubici localiza-se na região da Serra Catarinense e destaca-se como o maior produtor de hortaliças do Estado e, em menor escala, na fruticultura (MARTINS; OLIVEIRA, 2006). Tem parte do seu território dentro da Zona de Carga Direta do Aquífero Guarani (ZRD/SAG), representada pelos afloramentos do Arenito Botucatu (PRAUN Jr., 2007).

Suas principais atividades na agricultura são os cultivos de milho, fumo, cebola, feijão e tomate. Na fruticultura é representado por maçã (600 ha) seguida de uva (23 ha), e demais produções em menor escala são cultivadas como o caqui e pêra (IBGE, 2015). A produção hortícola é concentrada na primavera/verão enquanto que no outono/inverno ocorre a implantação de pastagens (MARTINS; OLIVEIRA, 2006).

Segundo dados levantados pelo IBGE (2015) sua base econômica na pecuária é representada pela aquicultura, criação de bovinos, eqüinos, aves, suínos e em menor escala a criação de bubalinos e caprinos.

A montante da cidade de Urubici, há atividades agrícolas à margem direita do Rio Canoas, sendo possível observar uma estreita faixa de mata ciliar, e na margem esquerda, local do ponto de coleta deste estudo, há ausência de mata ciliar, presença de erosão, rochas expostas e a cobertura predominante de gramíneas com presença da pecuária.

A jusante da cidade de Urubici, existem áreas agrícolas na margem esquerda, com exploração de bovinocultura extensiva e mata ciliar com faixas abaixo do previsto em lei.

O município de Otacílio Costa apresenta população estimada de 18.075 habitantes (IBGE, 2015).

Tem como base econômica o setor agropecuário e industrial. As lavouras de maior produção são a soja, milho, feijão, cebola e batata e na pecuária são produtores de bovinos, suínos, eqüinos, aves, caprinos e aquicultura (IBGE, 2015).

A indústria de papel e celulose é um importante componente da matriz econômica da região. Localiza-se nas proximidades do Rio Canoas, onde este tem sofrido influência por despejos de efluentes das indústrias de papel de celulose da região (MARTINS, 2004).

Na extração/produção de madeira, principalmente para celulose, além da produção de erva-mate e pinhão foram utilizadas áreas num montante de 34.000 ha (IBGE, 2015). Outra atividade que se encontra na região é a extração de bauxita.

O município de Correia Pinto possui uma população de 18.075 habitantes, aproximadamente e está localizada em uma região de clima mesotérmico úmido, com verão

fresco e temperatura média de 16 °C, cuja altitude é de 850 m acima do nível do mar (IBGE, 2015).

As atividades agropecuárias caracterizam-se pela produção de bovinos, bubalinos, caprinos, eqüinos, suínos e aves, produção de maçãs, alho, batata, cebola, feijão, melancia, milho, soja e trigo, sendo estas três últimas, as cultivares de maior produção na região (IBGE, 2015). Na extração vegetal e silvicultura, são destaque a utilização de pinheiro, madeiras na produção de tora, produtos alimentícios como pinhão, produção de erva-mate e extração de Eucalipto e Pinus (IBGE, 2015).

A região também apresenta atividades industriais, como a indústria têxtil e de papel e celulose, nas quais o volume de consumo de água no processo industrial gera grande quantidade de efluentes. A indústria de papel e celulose é a principal geradora de renda da região, sendo responsável por 98 % dos impostos municipais arrecadados (PAIVA, 2004).

No Estado de Santa Catarina, o setor de papel e celulose tem grande importância e é o quarto gerador de divisas. No entanto, nos processos fabris deste setor há grande geração de resíduos de elevada Demanda Química de Oxigênio (DQO), compostos organoclorados e resíduos de madeira (CESCONETTO NETO, 2002).

A indústria de papel e celulose é a sexta maior poluidora, descarregando no meio ambiente uma série de compostos tóxicos. Alguns destes poluentes, como dibenzodioxinas policlorados e dibenzofuranos (dioxinas e furanos), são recalcitrantes para degradação e tendem a persistir na natureza (PAIVA, 2004). Estes poluentes são conhecidos como poluentes orgânicos persistentes (POPs) e têm sido classificados como “poluentes prioritários” pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - USEPA e pela Ação de Proteção Ambiental do Canadá - CEPA (SREEKRISHNAN, 2001).

O lançamento de efluentes industriais com temperaturas elevadas provoca a poluição térmica dos rios, que podem afetar a flora e a fauna aquática (ALMEIDA, 2005).

4.2.2 Área de estudo no Rio Caveiras

O Rio Caveiras está situado na região serrana de Santa Catarina com uma bacia hidrográfica com cerca de 2.400 km² (RAFAELI NETO et al., 2013). Segundo os autores, estima-se que a qualidade das águas na bacia hidrográfica do Rio Caveiras esteja mais comprometida em um trecho de 70 km, o qual se inicia com o ponto de captação de água que

abastece a cidade de Lages. O rio recebe os efluentes industriais de uma cervejaria e efluentes urbanos de Lages, principalmente através dos rios Ponte Grande (24 km²) e Carahá (30 km²) (RAFAELI NETO, 1994).

A montante do ponto de coleta no Rio Caveiras encontra-se o município de Painel, localizado a 46 km da cidade de Lages, cuja população estimada em 2015 pelos dados do IBGE era de 2.378 habitantes. As principais atividades econômicas da região são a extração da madeira na produção de lenha, pinheiro, erva-mate e pinhão. Entretanto, na silvicultura são produtores de Eucalipto e Pinus, sendo este último o de maior produção (4.800 ha) (IBGE, 2015).

Na pecuária são criadores regionais de bovinos, eqüinos, suínos e aves. A fruticultura no município de Painel é a base de produção de maçã (390 ha) seguida de uva (5 ha) e ainda na produção de cultivos temporários, as culturas mais utilizadas são o milho e a soja (IBGE, 2015).

O município de Lages é o maior em população com 158.620 habitantes (IBGE, 2015). O município localiza-se na Região do Planalto Serrano Catarinense, inserido na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, constituída por rochas sedimentares, dentre elas, arenitos, folhelhos e siltitos (MAZZOLLI; EHRHARDT-BROCARD, 2013). Para os autores o município apresenta uma extensão considerável das áreas de recarga do Arenito Botucatu, que constitui o Aquífero Guarani, que se encontra sob ocupação urbana.

A base da economia da região consiste na produção de carvão vegetal, lenha, pinheiro, erva-mate e pinhão. Também produz-se Eucalipto (3.600 ha) e Pinus (40.650 ha). Na pecuária produz-se bovinos, eqüinos e suínos e na fruticultura destaca-se a produção de maçãs com uma área total de 370 ha. Na região as culturas temporárias mais cultivadas são milho, soja e trigo.

4.2.3 Área de estudo no Rio Marombas

A sub-bacia do Rio Marombas pertence a Região Hidrográfica 4 (RH4). O Rio Marombas possui uma extensão de aproximadamente 145 km, com 14.989 km² de área de drenagem, sendo utilizado como fonte de abastecimento público (MMA, 2006). Na região as principais atividades econômicas são a agricultura, a pecuária, além da indústria da madeira e produção de papel e celulose. Nestas atividades, é freqüente a utilização de inseticidas,

fungicidas, herbicidas, preservantes de madeira, como também a geração de resíduos industriais (ROSA et al., 2010).

Os municípios de São Cristóvão do Sul e Frei Rogério são vizinhos e apresentam populações estimadas pelo IBGE (2015) de 5.412 e 2.197 habitantes, respectivamente. As atividades econômicas nestas regiões são de base agropecuária. Na silvicultura são grandes exploradores de Eucaliptos e Pinus, sendo este último de maior exploração. Na pecuária, bovinos, suínos e criação de aves estão entre os maiores destaques na região. Não há fruticultura no município de São Cristóvão do Sul, entretanto no município de Frei Rogério, embora em baixa escala, existe produção de caqui, maçã, pêra, pêssego e uva. As lavouras temporárias em ambos os municípios são as culturas do milho, o feijão, o alho, a soja e o trigo.

4.2.4 Áreas de estudo nos Rios Inferno Grande e São João

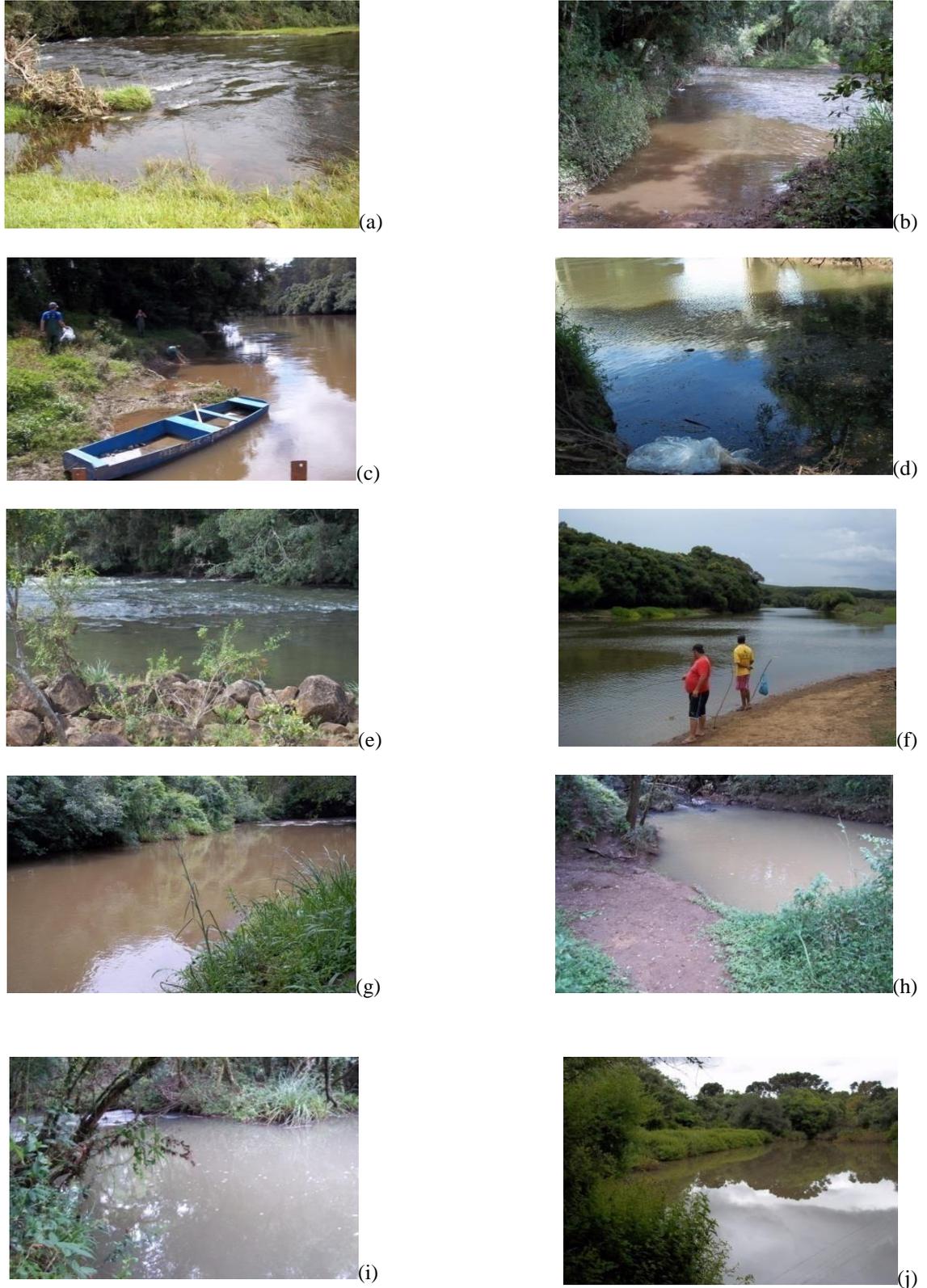
O Rio Inferno Grande e Rio São João encontram-se no baixo da bacia do Rio Canoas localizados na região da foz. O Rio Inferno Grande é afluente do Rio São João e este é afluente do Rio Canoas. Como os pontos de coleta situaram-se no município de Campos Novos serão apresentados os dados referentes apenas a esse município.

O município de Campos Novos apresenta uma população estimada de 35.383 habitantes. Sua base econômica é a extração de Eucalipto, Pinus, erva-mate e produtos alimentícios como pinhão, na pecuária predomina bovinocultura e suinocultura. Na fruticultura destaca-se a produção de laranja e uva, e nas culturas temporárias a região produz alho, cebola, cevada, feijão, fumo, mandioca, milho, soja e trigo.

4.3 PONTOS AMOSTRAIS

Na Figura 1 são mostrados os pontos de amostragem na Bacia do Rio Canoas, sendo realizadas as coletas no Rio Canoas e alguns de seus afluentes: Rios Caveiras, Marombas, São João e Inferno Grande, sendo este último afluente do Rio São João. As coletas foram bimestrais iniciado em DEZ/2014 à NOV/2015, totalizando em seis campanhas. A Tabela 5 apresenta a descrição desses pontos localizados à montante e à jusante das cidades, em locais de atividades de pesca e lazer e nas proximidades de indústrias, áreas de mineração e de monocultura.

Figura 1- Pontos amostrais localizados na Bacia do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina, SC



(a) CNUR1- Rio Canoas/Urubici/P1/Montante; (b) CNUR2- Rio Canoas/Urubici/P2/ Jusante; (c) CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/P3; (d) CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/P4; (e) CVPA1- Rio Caveiras/Painel/P1/Montante; (f) CVLA2-Rio Caveiras/Lages/P2/Jusante; (g) MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/P1/Montante; (h) MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/P2/Jusante; (i) IFCN1-Rio Inferno Grande/Campos Novos/P1/Montante; (j) SJCNI-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1/Jusante. Fonte: Próprio autor (2017)

Tabela 5 - Descrição dos pontos de amostragem na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de coleta	Identificação	Características do ponto de coleta
1-CNUR1	Rio Canoas, cidade de Urubici, no ponto 1	Região de nascente, localizada no Rio principal Canoas, montante da cidade de Urubici, presença de agricultura, principal cultura da região hortaliças e o cultivo da maçã, presença maior de mata ciliar na margem direita, pouca mata ciliar na margem esquerda, vegetação com gramíneas no ponto de coleta.
2-CNUR2	Rio Canoas, cidade de Urubici, no ponto 2	Região de nascente, localizada no Rio principal Canoas, jusante da cidade de Urubici, presença de monocultura e pecuária, presença de mata ciliar.
3-CNOT3	Rio Canoas, cidade de Otacílio Costa, no ponto 3	Localizada no Rio principal Canoas, margens com declividade, margem esquerda descoberta com pouca vegetação do tipo gramínea e mata ciliar afastada, próxima a indústria de papel e celulose, próxima área de mineração, área utilizada para pesca e travessia de automóveis por meio de balsa.
4-CNCP4	Rio Canoas, cidade de Correia Pinto, no ponto 4	Localizada no Rio principal Canoas, margens com declividade, desmatamento da margem e parte dela recoberta com camada de granito, ponto próximo a indústria de papel e celulose, odores no local e presença de lixo nas margens, proximidade de um riachinho.
5-CVPA1	Rio Caveiras, cidade de Painei, no ponto 1	Afluente do Rio Canoas, a montante da cidade de Lages, área de lazer e pesca, área com uso de pecuária, maior presença de mata ciliar na margem direita, pouca mata ciliar na margem esquerda, vegetação tipo gramínea, afloramento de rochas exposta do tipo basalto.
6-CVLA2	Rio Caveiras, cidade de Lages, no ponto 2	Afluente do Rio Canoas, a jusante da cidade de Lages, área de lazer e pesca, próxima a uma indústria alimentícia, presença maior de mata ciliar na margem esquerda, pouca vegetação na margem direita, odores, presença de desmatamento e lixos nas margens.
7-MASC1	Rio Marombas, cidade de São Cristóvão do Sul, no ponto 1	Afluente da margem direita do Rio Canoas, ponto localizado na montante, presença de monocultura, principais atividades agriculturas soja e milho, o uso da pecuária na região e presença de mata ciliar.
8-MAFR2	Rio Marombas, cidade de Frei Rogério, no ponto 2	Afluente do Rio Canoas, ponto localizado na jusante, presença de monocultura, principais atividades agriculturas soja e milho e o uso da pecuária na região, presença de mata ciliar em ambas as margens com margens declivosas, ponto na foz do Rio Marombas, na chegada do afluente no Rio Canoas.
9-IFCN1	Rio Inferno Grande, cidade de Campos Novos, no ponto 1	Afluente do Rio São João, presença de monocultura, principais atividades de agriculturas soja e milho e o uso da pecuária na região, presença de mata ciliar em ambas as margens, presença de granja unidade de terminação de suínos.
10-SJCN1	Rio São João, cidade de Campos Novos, ponto 1	Afluente do Canoas e região de foz, presença de queimadas e lixos às margens, região de monocultura da soja e milho, atividades de pecuária, forte presença de mata ciliar em ambas as margens.

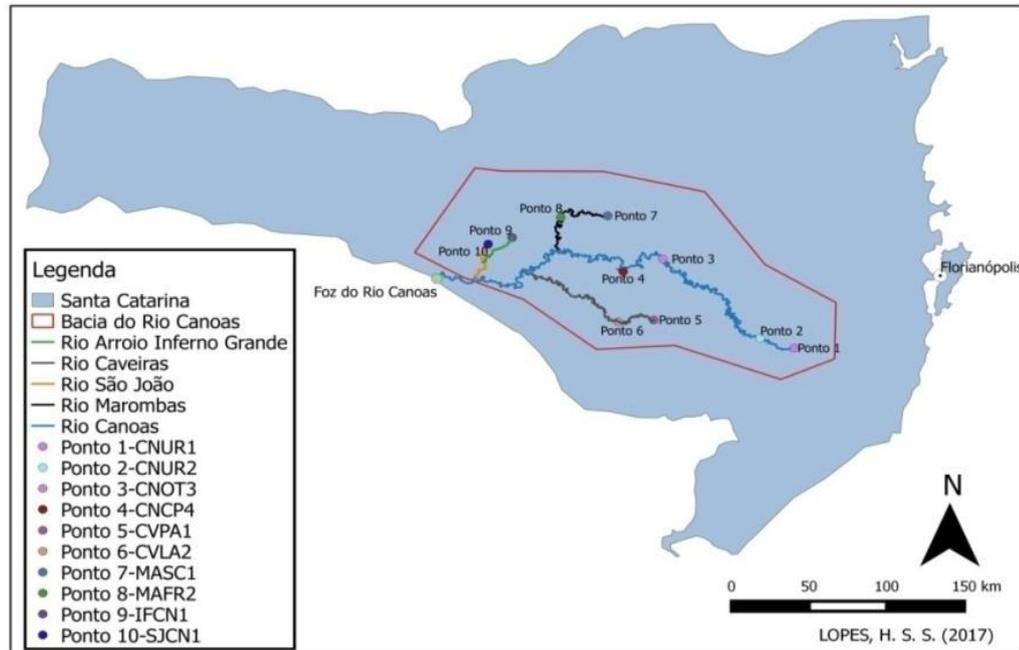
CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painei/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: próprio autor (2017).

As coletas foram realizadas em dois dias. No primeiro dia foram coletados nos pontos CNUR1, CNUR2, CNCP4, CVPA1 e CVLA2. E no segundo dia foram coletados nos pontos IFCN1, SJCN1, MASC1, MAFR2 e CNOT3. Esta divisão foi feita levando-se em

consideração a distância entre as cidades e o tempo de coleta em cada ponto. Os pontos georreferenciados na Bacia do rio Canoas se encontram na Figura 2.

Figura 2- Pontos georreferenciados na Bacia do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina, SC



Fonte: Próprio autor (2017).

4.4 AMOSTRAGEM E LEITURAS

As amostras de água foram coletadas em recipientes de polietileno com capacidade para 1 L. Em cada ponto foi coletada uma amostra de água totalizando 60 amostras realizadas nos 10 pontos durante as seis campanhas. As amostras de água foram previamente identificadas e acidificadas com 1,5 mL de ácido nítrico a 65 % por 24h para eliminação de metais interferentes, sendo após conservadas sob refrigeração seguindo o protocolo descrito por APHA (2005).

Os parâmetros físico-químicos foram determinados *in loco*, consistindo nos valores de pH (pHmetroK39-0014P), condutividade elétrica (condutivímetro CD-850 Instruterm/Cienlab), turbidez (turbidímetro TB 1000p MS TecnoPON), oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro OD 5519 Lutron) com equipamentos portáteis e calibrados.

Para abertura das amostras de água, a digestão foi realizada em duplicata, em forno micro-ondas modelo *Multiwave 3000R* (Anton Paar), com potência de 1000 W, rampa de

aquecimento de 15 minutos até 180 °C, 10 minutos a 180 °C e resfriamento de 20 minutos. Utilizou-se 7 mL de amostra, 1,5 mL de HNO₃, avolumado para 25 mL com água ultrapura pelo método descrito por APHA (2005).

Para as amostras de sedimento de fundo, coletado no leito do rio, foi construído um coletor específico de haste de 2 m de comprimento, cujas dimensões da caixa coletora são 10 x 10 x 10 cm para atender principalmente, as condições de coleta em rios que apresentam vazões elevadas.

Para as amostras coletadas às margens dos rios, os pontos localizados dentro da área de inundação foram identificados como sedimento e os pontos localizados fora desta área, identificados como solos. Esta definição obedeceu a influência do rio sobre as margens determinadas no próprio local. As coletas foram efetuadas com a utilização do trado holandês, coletando-se numa profundidade de 0 – 20 cm. Totalizaram-se seis amostras de sedimento de margem (CNUR1, CNUR2, CNOT3, CNCP4, CVPA1 e CVLA2) e quatro amostras de solo (MASC1, MAFR2, IFCN1 e SJCN1). Em cada ponto de coleta foram realizadas três amostras simples, gerando amostras compostas, totalizando 120 amostras.

Após as coletas, as amostras de sedimento e solo foram secas em estufa a 65 °C, destorroadas e tamisadas em malha de 2 mm. A seguir, foram divididas em subamostras contendo 10 g, sendo estas moídas em almofariz de ágata e tamizadas em peneira de 0,10 mm.

Para abertura das amostras de sedimentos e solos foi utilizada a metodologia da Água Régia (HCl + HNO₃) na proporção de 3:1 (ISO 11466, 1995; ISO 11047, 1998) em bloco digestor. Foram utilizadas subamostras de 0,75 g, adição de 0,5 mL de H₂O e 7 mL da solução de água régia. As amostras permaneceram em temperatura ambiente durante 16 h e mais duas horas em bloco digestor, cuja temperatura foi de 90 ± 5 °C. Após o resfriamento das amostras se procedeu à filtração e adição de 50 mL de água ultrapura.

Todo material utilizado foi previamente descontaminado com solução de HNO₃ a 5 % v/v durante 24 horas. Seguidamente o material foi lavado abundantemente com água destilada e seco em estufa.

As quantificações dos elementos-traço foram realizadas em triplicata, em espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) modelo *Optimum 8000R*. Em água foram quantificados: Alumínio (Al), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Potássio (K), Cádmio (Cd), Manganês (Mn), Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Cobalto (Co). Em sedimentos e solos foram quantificados em concentrações acima do Limite de Detecção Instrumental (LDI): Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Foram realizadas análises granulométricas dos sedimentos de fundo e dos sedimentos e solos coletados às margens dos rios na identificação da classe textural, seguindo a metodologia descrito por Tedesco et al. (1995). As análises químicas dos sedimentos e solos coletados às margens dos rios foram realizadas no Laboratório de análise de solo e calcário – LAS, do Centro de Ciências Agroveterinárias CAV/UEDESC, Campus Lages, SC.

4.5 ANÁLISE DE DADOS

A confiabilidade dos métodos analíticos empregados foi avaliada utilizando-se amostras de referência certificadas pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Para as análises de água, a referência foi a amostra de água SRM 1640a (*Trace Element in Natural Water*). Para as análises de sedimento, a referência utilizada foi amostra de solo SEM 2709a (*San Joaquin*).

Os valores médios certificados e encontrados da amostra referência Trace Elements in Natural Water do National Institute of Standards & Tecnology (NIST 1640a) e os limites de detecção instrumental (LDI) e limite de detecção qualitativa do método (LDQM) são apresentados na Tabela 6. Observa-se que os valores na NIST 1640a analisados em água, estiveram todos abaixo do limite de detecção instrumental, exceto o elemento Mg (0,747 mg L⁻¹).

Tabela 6 - Valores médios certificados e encontrados (mg L⁻¹) dos elementos da amostra referência NIST 1640a (*Trace Elements in Natural Water*) e limite de detecção instrumental e limite de detecção qualitativa do método (LDI e LDQM) respectivamente

Elementos	Nist 1640a certificado	Nist 1640a encontrado	LDI	LDQM
Al	0,053	<LDI	1,62	5,82
Fe	0,036	<LDI	0,17	0,61
Mg	1,060	0,747	0,13	0,46
K	0,5753	<LDI	0,92	3,30
Cd	4,0 x 10 ⁻³	<LDI	0,14	0,52
Mn	0,040	<LDI	0,05	0,19
Pb	0,012	<LDI	0,19	0,69
Zn	0,056	<LDI	0,29	13,76
Cu	0,086	<LDI	0,27	12,79
Co	0,020	<LDI	0,31	14,97

Fonte: NIST e próprio autor (2017).

O LDI e LDQM das análises de água por ICP-OES expressos na Tabela 6 foram determinados pela expressão:

$$\text{LDI} = \text{Média PB} + (3,1 \times \text{DP})$$

Onde:

PB é o valor da leitura do branco das análises; 3,1 equivale o valor encontrado no t de Student no grau de liberdade de 8 provas em branco a 99 % de probabilidade e DP o desvio padrão da leitura das provas em branco.

Para a determinação de LDQM em água multiplicou-se o LDI pelo fator de diluição (fd), portanto,

$$\text{LDQM} = \text{LDI} \times \text{fd}$$

Na Tabela 7 expressa os valores certificados e recuperações da amostra referência San Joaquin Soil do NIST 2709a e os limites de detecção instrumental encontrados pela digestão do método da Água Régia (HCl + HNO₃ na proporção de 3:1) em bloco.

Tabela 7 - Valores médios certificados (mg L⁻¹) e recuperação (%) dos elementos da amostra referência NIST SRM 2709a (*San Joaquin*) e limites de detecção instrumental (LDI)

Elementos	Nist 1640a certificado	Nist 1640a recuperação	LDI
Co	12	60,44	0,31
Cr	130	50,05	0,18
Cu	33,9	48,71	0,27
Zn	103	85,67	0,29

Fonte: NIST e próprio autor (2017)

Os resultados foram submetidos, inicialmente, a uma análise descritiva para caracterizar as distribuições de frequência das variáveis estudadas. Também foram efetuados testes de normalidade e de homogeneidade de variância dos erros. Em seguida procedeu-se a análise de variância segundo um desenho inteiramente casualizado em arranjo fatorial (locais e épocas de coleta).

Quando houve necessidade as médias foram comparadas com o uso do teste Scott-Knott. Também foram efetuadas análises de associação entre as variáveis nos dois compartimentos (água e sedimento) com a utilização do coeficiente de correlação linear de Pearson. Todas as análises foram conduzidas com o uso do software R (R Core Team, 2016). Em todos os testes foi adotado o nível mínimo de significância de 5 %.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

O monitoramento da qualidade da água por meio de análises físico-químicas fornece subsídios às políticas de proteção ambiental e à tomada de decisão quanto às ações de gestão ambiental (ALVES; ANDRADE 2012). As análises físico-químicas permitem avaliar o tipo de poluição e de contaminação da água associado às atividades antrópicas (CARDOSO et al., 2014). Os parâmetros comparativos para os dados obtidos são analisados frente aos valores máximos permitidos pela resolução CONAMA nº 357/2005.

As características físico-químicas da água são apresentadas na Tabela 8. Observa-se que em vários pontos a turbidez encontra-se dentro dos limites estabelecidos para Classe 1, porém no mês de FEV/15 os pontos CNOT3, CNCP4, IFCN1 e SJCN1 excederam os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 357/05 que estabelece 40 e 100 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) para rios de Classe 1 e 2 respectivamente. Neste caso os pontos foram classificados como Classe 2.

As situações em que a turbidez esteve acima do permitido podem ter sido ocasionadas pela ocorrência de chuvas intensas no dia anterior às coletas, que por sua vez acarretam a movimentação de cargas sedimentares. Para fins de obter informações errôneas deve-se evitar coletas em dias de intensas precipitações.

Segundo a ANA (2017) a principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas a água pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (SILVEIRA, 2014).

Para Vasconcelos (2012), alto valor de turbidez cria uma barreira sobre a água, reduzindo a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido pode suprimir a produtividade de peixes e afetar adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água.

A água apresentou temperatura com valores que variaram entre 12 a 26 °C, sendo as menores temperaturas observadas nos períodos de inverno JUN/15 e AGO/15 (Tabela 8), sendo que esses valores registrados correspondem à variação climático-sazonal, com temperaturas mais elevadas no verão e reduzidas no inverno. Embora as temperaturas na primavera (DEZ/14) tenham apresentado semelhança com a estação do verão (FEV/15), isto

se deve ao fato das coletas terem sido realizadas no final da primavera, no período de troca de estação primavera/verão.

Tabela 8 - Características físico-químicas da água na Bacia do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina no período de DEZ/14 a NOV/15

LOCAIS	PARÂMETROS	ÉPOCAS					
		DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
CNUR1	Turbidez (UNT)	0,67	1,19	1,77	0,65	1,13	2,1
CNUR2		1,44	12,4	7,50	1,12	3,1	1,1
CNOT3		24,0	153,0	35,0	9,9	7,4	18,2
CNCP4		17,3	64,0	21,0	13,3	7,4	11,2
CVPA1		1,4	3,1	21,0	4,2	10,3	2,8
CVLA2		11,1	6,5	40,0	10,1	8,6	15,2
MASC1		9,8	16,7	0,64	13,5	3,5	11,9
MAFR2		11,9	29,0	1,16	19,8	9,2	12,7
IFCN1		2,4	140,0	1,07	13,4	8,0	11,6
SJCN1		18,3	219,0	0,96	12,4	9,2	11,8
CNUR1	Temper. (°C)	22,3	23,1	15,7	13,8	13,8	17,8
CNUR2		24,2	23,2	15,4	13,6	15,0	21,7
CNOT3		24,2	23,2	18,5	14,7	18,0	21,6
CNCP4		24,2	21,1	18,2	13,8	17,7	21,7
CVPA1		24,1	23,2	16,5	14,0	20,0	21,0
CVLA2		26,0	22,8	17,0	15,0	19,2	21,7
MASC1		22,2	20,3	17,1	12,5	16,7	21,1
MAFR2		23,7	21,1	16,7	13,3	16,5	21,6
IFCN1		20,3	20,1	16,5	13,9	15,0	21,8
SJCN1		21,0	19,7	17,5	14,6	14,0	22,5
CNUR1	OD (mg L ⁻¹)	9,1	8,4	10,0	10,7	9,2	8,0
CNUR2		8,3	8,2	10,3	10,6	9,4	8,1
CNOT3		7,1	7,3	8,7	13,5	9,9	7,1
CNCP4		6,7	7,0	7,7	8,7	9,4	8,8
CVPA1		8,3	8,1	9,0	11,4	8,5	7,9
CVLA2		6,2	7,7	6,2	10,5	9,2	7,7
MASC1		7,9	8,3	9,3	9,9	9,5	8,1
MAFR2		7,3	7,9	8,4	9,7	9,0	7,3
IFCN1		7,7	7,9	8,4	9,3	8,6	8,2
SJCN1		7,4	7,7	7,6	8,5	11,2	6,9
CNUR1	pH	8,7	8,8	8,0	7,2	6,8	6,9
CNUR2		8,1	8,6	8,9	7,2	7,0	7,0
CNOT3		7,9	8,4	8,1	6,8	6,6	6,7
CNCP4		6,5	8,3	..	6,9	6,7	7,3
CVPA1		7,2	9,3	8,5	7,4	6,4	7,4
CVLA2		7,4	8,4	8,3	6,9	6,8	6,7
MASC1		6,3	8,3	..	7,0	6,5	7,2
MAFR2		8,0	9,2	..	7,4	6,5	7,0
IFCN1		8,1	8,5	..	7,3	6,1	6,9
SJCN1		7,5	8,6	..	7,2	6,7	6,9

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1. Nota: Sinal convencional utilizado...Não se aplica dado numérico;

Fonte: Produção próprio autor (2017).

A temperatura também é influenciada pela latitude, altitude, hora do dia, circulação do ar, velocidade da corrente da água e profundidade do rio (CETESB, 2013). Neste estudo as

variações de temperaturas intra-periódicas observadas foram mínimas variando entre 2 a 3 °C, porém entre as estações do ano observa-se um diferencial maior, como era de se esperar.

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano, no entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (ANA, 2017).

Para Paiva (2004) a temperatura é um fator que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos na água, pois os organismos que ali vivem são adaptados para uma determinada faixa de temperatura e possuem uma temperatura preferencial. Eles conseguem suportar oscilações e, especialmente, aumentos da temperatura, somente até determinados limites

As quantidades de oxigênio dissolvido (OD) (Tabela 8), com valores entre 6,2 a 13,5 mg L⁻¹, atenderam as condições estabelecida pela Resolução nº 357/05 do CONAMA para Classe 1. Segundo os padrões de classificação de água doce, os valores de oxigênio dissolvido para as águas de Classes 1, 2 e 3 em qualquer amostra não inferior a 6, 5 e 4 mg L⁻¹, respectivamente (BRASIL, 2005). Para o estudo, as concentrações de OD estiveram proporcionais as temperaturas encontradas, uma vez que temperaturas elevadas apresentam baixa oxigenação.

Segundo Cardoso et al., (2014) as temperaturas afetam diretamente a concentração do oxigênio na água, ou seja, quanto menor a temperatura, maior será a quantidade de oxigênio dissolvido.

Noronha et al. (2011), avaliando as concentrações de elementos-traço em sedimentos do estuário do Rio Timbó, PE, Brasil, encontraram concentrações de OD no período chuvoso com valores mínimo e máximo de 3,4 e 13,4 mg L⁻¹ respectivamente. Segundo os autores o valor máximo encontrado indica intensa atividade fotossintética, associada ao lançamento de efluente de esgoto doméstico. Neste estudo, as maiores concentrações foram encontradas nos pontos de região de nascente (CNUR1 e CNUR2), sendo no mês de JUN/15, o maior registro na elevação do OD em todos os pontos de coleta, quando comparados com os demais períodos.

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que para a proteção da vida aquática, o pH deve estar entre 6 e 9. Para EMBRAPA (2011) a faixa ideal de valores de pH para a vida aquática está entre 6,5 e 8,5; pH menor que 4,0 ou maior que 10,0 normalmente são letais para peixes e outros organismos.

Na Tabela 8, os valores de pH se encontraram dentro do estabelecido pela resolução, exceto nos pontos CVPA1e MAFR2, que no mês de FEV/15 excederam o pH 9,0.

Embora o pH estivesse dentro dos padrões da Resolução CONAMA 357/05 para Classe 1, observa-se que na primavera, no mês de NOV/15, houve diminuição dos valores quando comparados com a mesma estação do ano, porém no mês de DEZ/14. Este comportamento ocorreu possivelmente devido ao aumento das pluviosidades de OUT/NOV. Com altas precipitações, há dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, deposição de fertilizantes (químicos e orgânicos) e despejo de esgoto doméstico e industrial nos rios, por meio do escoamento superficial e percolação.

Os valores de condutividade elétrica (CE) variaram de 10,6 a 67,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (dados não apresentados na Tabela 8 por apresentar baixa relevância).

De modo geral, os parâmetros físico-químicos da água, quando analisados isoladamente das variáveis biológicas, não trazem informações relevantes que permitam compreender de fato a ocorrência das perturbações no meio aquático, pois estes fornecem somente evidências momentâneas da qualidade da água, portanto torna-se relevante o uso do monitoramento biológico através de bioindicadores de qualidade da água associados aos parâmetros físico-químicos e desta forma trazendo informações do meio hídrico mediante as perturbações exercidas por atividades antrópicas.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS NAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO CANOAS

Os teores de alumínio, ferro, potássio, cádmio, manganês, chumbo, zinco, cobre e cobalto quantificados em água apresentaram valores abaixo do limite de detecção instrumental (LDI) em todos os pontos estudados. Apenas o magnésio apresentou concentrações variando de 0,56 a 2,54 mg L^{-1} (Tabela 9).

A resolução CONAMA 357/05 não estabelece valores máximos permitidos (VMP) para magnésio, seja em águas superficiais e/ou subterrâneas, entretanto sua quantificação representa importância na identificação de um dos parâmetros físico-químicos associados a dureza das águas superficiais referentes à concentração total de íons alcalino-terrosos na água, particularmente de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalino-terrosos encontrados em águas naturais.

O Mg tem sua quantificação exigida em águas minerais para o consumo humano, sendo os seus limites estabelecidos pela Resolução RDC nº. 54, de 15 de junho de 2000, constituindo regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de água mineral natural e água potável (BRASIL, 2000). Segundo a resolução nº 54/2000, a concentração em água não deve exceder em 100 mL, o limite máximo de 6,5 mg estabelecido para magnésio, ou seja 65 mg L⁻¹.

De acordo com a Tabela 9, observa-se variação na concentração de Mg nos pontos de coleta em relação aos períodos, sendo que a maior concentração de Mg na água foi registrada no Rio Canoas, na cidade de Otacílio Costa (CNOT3), com concentração de 2,54 mg L⁻¹ em FEV/15.

Tabela 9 - Concentrações totais de Magnésio em água no período de DEZ/14 a NOV/15 realizada em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de coleta	----- Mg (mg.L ⁻¹) -----					
	DEZ	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV
CNUR1	0,64 dA	nd ⁽¹⁾	nd	0,73 dA	0,77 dA	0,77 dA
CNUR2	1,03 cA	0,61 dB	0,56 dB	1,08 cA	1,14 cA	1,10 cA
CNOT3	0,98 cB	2,54 aA	1,24 bB	1,07 cB	1,08 cB	1,13 cB
CNCP4	0,89 cB	1,10 cA	1,31 bA	0,91 dB	1,16 cA	1,24 cA
CVPA1	1,52 aA	1,08 cB	0,77 cC	1,05 cB	1,29 cA	1,30 cA
CVLA2	1,28 bB	1,44 bA	1,04 cB	1,22 cB	1,54 bA	1,60 bA
MASC1	0,96 cA	0,70 dB	1,03 cA	1,03 cA	1,27 cA	1,02 cA
MAFR2	1,68 aB	1,63 bB	1,92 aA	1,41 bB	1,65 bB	1,54 bB
IFCN1	1,85 aA	0,86 cB	1,92 aA	1,79 aA	1,95 aA	1,96 aA
SJCN1	1,72 aB	1,42 bB	1,66 aB	1,66 aB	2,14 aA	1,87 aA
CV (%)	10,73					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/ Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/ Ponto 2;IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/ Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/ Ponto 1.

⁽¹⁾Abaixo do limite de detecção instrumental.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P > 0,05).

Fonte: Produção próprio autor (2017).

Esta concentração possivelmente pode estar associada a área de mineração de bauxita que se encontra nas proximidade do ponto de coleta, embora sendo o alumínio o objeto de extração principal, existem outros constituintes usualmente presentes e que são considerados impurezas da bauxita. Segundo Lins e Luz (2005) os minerais de argilas (principalmente caulinita), hematita, goethita, óxido de titânio, óxido de silício, além de uma considerável

variedade de elementos menores como cálcio, sódio, magnésio, fósforo, manganês, vanádio e gálio, são constituintes encontrados na bauxita e que representam impurezas.

Outro fato relevante é que as áreas na Bacia do Rio Canoas, localizadas no Planalto Serrano Catarinense, utiliza a integração lavoura-pecuária, quando no inverno se faz o pastoreio de gado e no verão a produção de grãos. Estas áreas apresentam baixa fertilidade e solos ácidos fazendo-se necessário o uso constante de fertilizantes e correção do solo.

Observa-se que as maiores concentrações de Mg acima de 1 mg L^{-1} compreendendo os períodos de ABR a NOV/15 foram encontradas em regiões de monocultura (MASC1, MAFR2, IFCN1 e SJCN1) localizadas no baixo da Bacia do Rio Canoas (Tabela 9).

5.3 CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DE FUNDO, MARGEM E SOLO

5.3.1 Classe textural nos pontos de amostragem

Houve variação nos pontos de amostragem (Tabela 10) para as classes texturais de sedimento de fundo, margem e solo, sendo encontrado maior teor de areia quando comparado com os teores de silte e argila em todos os pontos, exceto nos pontos IFCN1, onde foi encontrado maior teor de argila ($314,1 \text{ g Kg}^{-1}$) no sedimento de fundo e nos pontos CNOT3 e CVLA2, com maiores teores de silte ($379,8$ e $400,4 \text{ g Kg}^{-1}$ respectivamente) no sedimento de margem.

O comportamento no ponto IFCN1 não é comum, uma vez que os sedimentos de fundo geralmente são caracterizados pela maior predominância de granulometria areia, este comportamento possivelmente pode ter sido produto de uma coleta, cujo método não foi bem aplicado, visto que neste ponto houve uma certa dificuldade de se obter sedimentos de fundo para as análises granulométricas, devido a correnteza e presença de rochas exuberantes.

Cima et al. (2014) mostrou que no sedimento de fundo as maiores frequências granulométricas foram predominantemente de areias. Na pesquisa realizada por Souza (2011), na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, a classe textural de areia grossa compreendeu a maior parte do sedimento. Já, o estudo avaliado por Crispim et al (2015), concluiu que os tipos de materiais sólidos que foram carregados e/ou depositados no Rio Piranhas durante o período de estudo, foram constituídos de pedregulho a areia fina.

No sedimento de margem os pontos CNOT3 e CVLA2 apresentaram a mesma classe textural Franco Argilo Siltoso, sendo estes os únicos pontos estudados a apresentarem maior

teor de silte em relação aos teores de argila e areia. A Embrapa Solos (2004) classifica os solos de Otácilio Costa e Lages como solos muito argilosos porém, fazem-se necessários estudos mais detalhados afim de compreender a ocorrência na translocação de partículas mais finas depositadas às margens proveniente da degradação do solo, uma vez que nos demais pontos analisados foram encontrados maiores teores de areia.

A maior predominância de areia observada nos solos nos pontos MASC1, MAFR2, IFCN1 e SJCN1 expressa preocupação, uma vez que estas partículas são facilmente transportadas e depositadas nos corpos hídricos em períodos de intensas precipitações e com elas carregam partículas finas (silte e argila), nutrientes e contaminantes como elementos-traço.

Tabela 10 - Características da granulometria do sedimento de fundo, margem e solo nos pontos de amostragem na Bacia do Rio Canoas

Pontos de amostragem	Classes Texturais – Sedimento de fundo	Granulometria g Kg ⁻¹		
		Areia	Silte	Argila
CNUR1	Arenoso Franco	884,5	60,3	55,2
CNUR2	Arenoso	951,6	28,1	20,3
CNOT3	Franco Arenoso	710,0	164,1	125,8
CNCP4	Franco	618,2	212,3	169,5
CVPA1	Arenoso	964,5	14,1	21,4
CVLA2	Franco Siltoso	430,0	346,8	223,2
MASC1	Arenoso	935,0	51,6	13,4
MAFR2	Franco	647,4	160,6	192,0
IFCN1	Argilo Siltoso	211,5	314,1	474,4
SJCN1	Franco Argilo Siltoso	374,1	327,9	298,0
-	Classes Texturais – Sedimento de margem	-	-	-
CNUR1	Franco Arenoso	806,8	118,0	75,2
CNUR2	Franco Siltoso	523,4	332,6	144,0
CNOT3	Franco Argilo Siltoso	342,2	379,8	277,9
CNCP4	Franco Argiloso	478,8	240,2	281,1
CVPA1	Franco Arenoso	794,3	80,5	125,2
CVLA2	Franco Argilo Siltoso	319,7	400,4	279,8
-	Classes Texturais - Solo	-	-	-
MASC1	Arenoso Franco	851,6	71,4	77,0
MAFR2	Franco Arenoso	773,4	94,6	132,0
IFCN1	Franco	577,4	216,9	205,6
SJCN1	Franco Argiloso	424,2	260,7	315,1

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otácilio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017)

Este comportamento foi similar ao encontrado por Santos et al. (2013) que, avaliando os atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai, encontraram na camada superficial dos solos textura arenosa. Segundo o autor, a textura mais arenosa pode favorecer a erosão das margens, devido à baixa coesão entre as partículas, por outro lado, a textura muito argilosa pode dificultar a infiltração da água no solo, favorecendo seu acúmulo na superfície.

No estudo avaliado por Ramos et al. (2000) em solos preservados e degradados as margens do Córrego Machado no Município de Palmas-TO, encontraram na área preservada e degradada textura arenosa, com teores de areia entre 514 e 520 g kg⁻¹, respectivamente.

De acordo com Souza e Cunha (2007), a magnitude da erosão nas margens está associada a alguns fatores, tais como: composição das margens (granulometria e estrutura dos sedimentos); características hidrodinâmicas do fluxo (vazão e transbordamento); morfologia da margem (altura e o tipo de margem); e características ambientais (cobertura vegetal, geologia, geomorfologia, declividade, precipitação e uso do solo).

Os pontos localizados no Rio Canoas, na cidade de Correia Pinto (CNCP4) e no Rio Marombas, na cidade de São Cristóvão do Sul (MASC1), tiveram parte de suas margens modificadas com o recobrimento de rochas graníticas, que durante a manutenção de pontes deixaram as áreas expostas com materiais de construções e resíduos de tintas. Este evento foi visualizado no último período de coleta (NOV/15).

De modo geral, as áreas estudadas tem sofrido influência de atividades antrópicas, sendo observadas bimestralmente durante as coletas, porém as áreas que constituem pontes sofrem o efeito direto por contaminação pontual, haja visto que em campo, apresentavam vestígios de materiais de construção, desmatamento, resíduos de tintas e presença de lixos.

5.3.2 Análise química dos pontos de amostragem às margens do Rio Canoas e seus afluentes

Na Tabela 11 estão representadas as características químicas dos pontos de amostragem realizadas às margens do Rio Canoas e seus afluentes.

No sedimento de margem observa-se variação nos teores de matéria Orgânica (MO), sendo os maiores teores encontrados nos pontos CNUR2 e CVPA1 e o menor teor de MO no

ponto CNOT3. Já, no solo houve elevação nos pontos IFCN1 e SJCN1 e decréscimo no ponto MASC1 (Tabela 11).

O comportamento na elevação da MO pode está associada a dois fatores: (1) a presença da mata ciliar, que por meio deste minimiza os efeitos da erosão, depositando sobre o próprio local nutrientes e compostos orgânicos por meio de ciclagem; (2) a degradação do solo devido ao uso inadequado, o que conseqüentemente acarreta a deposição de nutrientes e compostos orgânicos nas margens dos rios favorecendo as condições de crescimento de vegetação e elevação da MO.

Nos pontos que apresentaram baixo teores de MO (CNOT3 e MASC1), é possível observar no campo compactação, indícios de erosão, desmatamento e alta declividade do terreno que em conjunto acelera os processos de perdas da MO por erosão hídrica durante os eventos de precipitações. A erosão se torna mais intensa devido ao escoamento superficial influenciado pelos fatores do terreno, tornando-se mais grave com a ação antrópica no uso e manejo do solo (PEREIRA, 2014).

Ramos et al. (2000) em seu estudo encontrou teor de MO em área degradada às margens do Córrego Machado com $20,9 \text{ g kg}^{-1}$. Para os autores, os teores de matéria orgânica em áreas degradadas geralmente são baixos, devido principalmente a falta de cobertura vegetal. Para Souza e Cunha (2007), os baixos teores de matéria orgânica podem estar ligados à erosão, transporte e deposição de materiais.

Na pesquisa realizada por Santos et al. (2013), os teores de matéria orgânica dos solos nas camadas analisadas foram baixos, não ultrapassando 1 g kg^{-1} . Segundo os autores, os baixos teores de matéria orgânica provavelmente estão relacionados à dinâmica fluvial, que retira sedimentos constantemente dos barrancos, depositando-os em outros locais.

No caso do cálcio (Ca) não há dados quanto a sua toxicidade em sedimento (SAMPAIO, 2003), portanto as concentrações de Ca avaliados neste estudo foram classificadas de acordo com os critérios propostos por Tomé Jr (1997), que se encontra na Tabela 12.

Para Tomé Jr (1997), foram considerados teores baixos de Ca, aqueles contidos nos pontos CNCP4 e MASC1; teores médios para os pontos CNUR1 e CVPA1 e altos teores nos pontos CNUR2, CNOT3, CVLA2, MAFR2, IFCN1 e SJCN1; enquanto os teores de Mg^{2+} foram considerados baixos no ponto CNCP4; médios nos pontos CNUR1, MASC1 e MAFR2; e altos nos pontos CNUR2, CNOT3, CVPA1, CVLA2, IFCN1 e SJCN1 (Tabela 11).

Silva (2002), analisando os sedimentos da Bacia Hidrográfica do Moji-Guaçu - SP, obteve concentração de cálcio na faixa de 18-20,5 mg kg⁻¹. Porém, concentrações de cálcio acima de 200 mg kg⁻¹ foram encontrados no estudo realizado por Sampaio (2003). Para o mesmo autor, a menor concentração encontrada para cálcio em sedimentos foi no Rio Correntes na UHE Ponte da Pedra, com 44,2 mg kg⁻¹. Ramos et al. (2000) avaliando solos em áreas preservadas e degradadas as margens de um Córrego, encontraram concentrações baixas de Ca e Mg em ambos ambientes, variando de 1,0 a 1,9 mg kg⁻¹.

Para este estudo, as maiores concentrações de Ca no sedimento de margem foi encontrado no ponto CNUR2 (6,61mg kg⁻¹) e no solo, nos pontos, IFCN1 e SJCN1 (6,65 e 8,23 mg kg⁻¹ respectivamente). Para Mg, a maior concentração no sedimento foi observada no ponto CNOT3 (1,44 mg kg⁻¹) e no solo, nos pontos IFCN1 e SJCN1 (2,25 e 2,10 mg kg⁻¹).

Em áreas agrícolas, é comum a prática da calagem com a utilização de calcário agrícola (CaCO₃ + MgCO₃). Os pontos avaliados em estudo estão associados às atividades agrícolas, que durante os períodos de precipitações, podem acarretar lixiviação de cátions e a deposição destes sobre as margens dos rios. Para Moreira et al. (1999) e Arantes & Nogueira (1986), altos teores de cálcio e magnésio no solo geram inibição competitiva com o potássio.

Tabela 11 – Características químicas dos pontos de amostragem às margens da Bacia do Rio Canoas no período de DEZ/14

Pontos de amostragem	MO	Ca	Mg	Al	P	K
	--g kg ⁻¹ --	-----Cmolc Kg ⁻¹ -----	-----Cmolc Kg ⁻¹ -----	-----Cmolc Kg ⁻¹ -----	-mg Kg ⁻¹ -	-Cmolc Kg ⁻¹ -
-----Sedimento-----						
CNUR1	32,55	3,03	0,56	0,12	19,72	0,14
CNUR2	42,53	6,61	1,32	0,07	18,31	0,17
CNOT3	20,46	4,79	1,44	0,24	15,37	0,30
CNCP4	33,15	1,11	0,32	0,75	1,41	0,13
CVPA1	41,26	2,69	0,90	0,07	3,71	0,15
CVLA2	39,23	4,23	1,02	0,30	28,68	0,28
-----Solo-----						
MASC1	14,37	1,51	0,47	0,08	9,86	0,09
MAFR2	49,64	4,24	0,69	0,08	5,51	0,14
IFCN1	69,76	6,65	2,25	0,26	1,41	0,22
SJCN1	65,70	8,23	2,10	0,07	1,28	0,34

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017)

Houve variação nos teores de alumínio (Al), sendo observados os maiores teores no sedimento de margem, nos pontos CNOT3, CNCP4 e CVLA2 (0,24; 0,75 e 0,30 Cmolc Kg⁻¹

respectivamente) e no solo, no ponto IFCN1 ($0,26 \text{ Cmolc Kg}^{-1}$). O acréscimo de Al nos pontos avaliados em CNOT3 e CNCP3, possivelmente está associado a mineração de bauxita, que durante a extração da gibsitita libera o alumínio e outros constituintes (cálcio, sódio, magnésio, fósforo, manganês, vanádio e gálio) que são direcionados aos corpos hídricos por meio de enxurradas.

No ponto CVLA2, o acréscimo de Al pode estar associado ao esgoto doméstico, uma vez que o Rio Caveiras recebe despejos químicos e orgânicos provenientes da urbanização do município de Lages por meio do seu afluente, o Rio Carahá. Durante as cheias do Rio Caveiras, pode haver o aumento de deposição de Al sobre as margens. Neste ponto de coleta, é possível visualizar a ausência de vegetação. Já, o comportamento no ponto IFCN1 pode estar associado à dinâmica fluvial, que contribui para a lixiviação das bases do solo.

A presença em níveis altos de alumínio pode contribuir para redução na vegetação aumentando assim a degradação no ambiente, via erosão das margens (SANTOS et al., 2013), visto que o alumínio mesmo em baixas concentrações pode afetar o sistema radicular, inibindo o crescimento e bloqueando os mecanismos de absorção e transporte de água e nutrientes (ROSSIELO; JACOB NETTO, 2008).

Tabela 12 - Classificação dos parâmetros químicos, de acordo com seus respectivos níveis

Parâmetros	Classificação e níveis		
	Baixo	Médio	Alto
MO (g dm^{-3})	<15	15-25	>25
Ca (mg dm^{-3})	<2,0	2,0-4,0	>4,0
Mg (mg dm^{-3})	<0,4	0,4-0,8	>0,8
K (mg dm^{-3})	$\leq 0,10$	0,11-0,30	>0,30

Fonte: Tomé Jr (1997)

As concentrações de fósforo no sedimento de margem (Tabela 11) foram elevadas nos pontos de região de nascente (CNUR1 e CNUR2) e nos pontos que apresentam proximidades de fábricas (CNOT3 e CVLA2) quando comparados com os demais pontos avaliados, sendo a maior concentração ($28,69 \text{ mg kg}^{-1}$) encontrada no Rio Caveiras, na cidade de Lages. Os pontos CNUR1 e CNUR2 sofrem a influência de atividades de pecuária e culturas anuais/perenes, porém o ponto CNOT3 apresenta proximidade da fábrica de papel e celulose, área de mineração de bauxita e na região é comum a prática da silvicultura. A contribuição maior na concentração de fósforo, no ponto CVLA2, tem sido o despejo de esgoto doméstico bruto proveniente do seu afluente, o Rio Carahá, sendo uma realidade comum própria do local, mesmo com o agravante de estar localizado próximo a indústria de alimentos.

Durante as coletas bimestrais, o ponto CVLA2 foi o que mais tem sofrido modificações por atividades antrópicas como: alterações das margens pelas construções de canais, deposição de resíduos de tintas durante a restauração da rodovia e deposição de lixos por ser uma área de uso comum, onde se utiliza a área como lazer e pesca. Neste ponto também é possível observar presença constante de plantas aquáticas, sugerindo que pode estar havendo eutrofização por excesso de nutrientes com a presença de fósforo e nitrogênio.

Segundo Arantes (2012), o fósforo e o nitrogênio podem ser considerados como responsáveis pela eutrofização dos ambientes aquáticos, sendo que suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes e excrementos de animais.

As concentrações de fósforo no solo de margem, embora em menor proporção quando comparadas com aquelas encontradas no sedimento, apresentaram elevação nos pontos MASC1 e MAFR2 (9,86 e 5,51 mg kg⁻¹ respectivamente), sendo estas associadas as áreas agrícolas que utilizam na região a monocultura da soja.

Quanto mais intenso o preparo do solo, maiores perdas de solo e água e de nutrientes podem ocorrer por erosão hídrica, podendo comprometer os mananciais de água e reduzir o potencial produtivo do solo, ocasionando problemas ambientais como assoreamento e eutrofização de corpos d'água (PADILHA, 2013).

As concentrações de potássio (K) em todos os pontos avaliados foram baixas, porém observa-se um pequeno aumento das mesmas nos pontos CNOT3 e CVLA2, no sedimento de margem e nos pontos IFCN1 e SJCN1, no solo. Este comportamento pode ser atribuído a recentes queimadas nas áreas em estudo, resultando na disponibilidade de cinzas, que contém principalmente potássio. Com a precipitação e declividade do terreno queimado pode ocorrer lixiviação das cinzas, formando depósitos nas áreas mais baixas. O aumento também pode estar associado a aplicação de esterco bovino, haja visto que são áreas que no inverno implementam cultivo anual/perene, juntamente com a criação de gado.

As amostras avaliadas em estudo apresentaram valores de pH variável (mínimo 4,8 e máximo 6,8), com pH variando de acidez elevada a acidez fraca, de acordo com Ribeiro et al. (1999). Estes valores foram próximos aos encontrados por Santos et al (2013) nas margens do Rio Paraguai (mínimo 4,6 e máximo 6,0). Esses autores, apontam uma série de reações termodinâmicas que consomem H⁺, diminuindo o pH do meio, em solos inundados. Observa-se nesta variação, os menores valores de pH registrados na primavera de Dez/14, havendo uma elevação na primavera de NOV/15 (Tabela 13). Esta elevação pode estar sendo

influenciada pelas concentrações de Ca e Mg depositadas sobre as margens, nos períodos de precipitações.

No sedimento de margem nos pontos CNCP4 e CVLA2 em DEZ/14 apresentaram menores valores de pH, este comportamento pode estar associado com o aumento de Al (Tabela 11) encontrado nestes locais. O mesmo comportamento foi visto no solo no ponto IFCN1 com valor de pH 4,8. Quando o pH do solo é $\leq 5,5$ e há presença do Al^{3+} , o mesmo solubiliza-se na solução do solo, tornando-se potencialmente tóxico para as plantas (KOCHIAN, 1995).

Durante todo o período os pontos avaliados no sedimento de margem foram classificados como de acidez média, com exceção dos pontos CNCP4 e CVLA2 em DEZ/14, classificados como de acidez elevada. O comportamento destes pontos no período de DEZ/14 estão associados com o aumento de Al (Tabela 11) encontrado nestes locais. Este mesmo comportamento foi visto no solo no ponto IFCN1, com valor de pH 4,8.

Tabela 13 - Valores de pH nos pontos de amostragem às margens dos rios no período de DEZ/14 a NOV/15 realizada em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de coleta	----- pH -----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
-----Sedimento-----						
CNUR1	5,60 bB	5,53 dB	5,57 dB	5,20 fC	5,87 dA	5,63 fB
CNUR2	5,67 bC	5,77 cC	6,07 bB	6,07 bB	6,27 bA	6,00 dB
CNOT3	5,37dD	5,67 cB	5,50 dC	5,10 gE	5,70 eB	5,90 eA
CNCP4	4,57 fE	5,23 fC	5,10 eD	5,20 fC	5,43 fB	5,67 fA
CVPA1	5,57 bB	5,40 eC	5,60 dB	5,60 dB	5,67 eB	6,03 dA
CVLA2	4,77 eD	5,07 gC	5,50 dA	5,37 eB	5,07 gA	5,40 gB
-----Solo-----						
MASC1	5,47 bE	5,97 bD	6,43 aB	6,73 aA	6,13 cC	6,83 aA
MAFR2	6,10 aA	5,43 eB	4,83 fD	5,53 dB	5,10 gC	6,20 cA
IFCN1	4,80 eC	5,70 cB	6,37 aA	5,63 dB	6,47 aA	6,37 bA
SJCN1	5,50 bC	6,13 aA	5,70 cB	5,80 cB	6,07 cA	6,20 cA
CV (%)	1,21					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/ Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2;IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Fonte: Próprio autor (2017).

No solo, houve variação nos valores de pH no período de DEZ/14 a JUN/15, porém ocorreu elevação nos períodos de AGO a NOV/15, classificando os pontos como de acidez fraca, exceto o ponto MAFR2 classificado como de acidez média.

Quando o excesso de água é drenado, ocorre novamente a oxidação do meio, resultando em reações que resultam na liberação de H^+ , fato que contribui para a acidificação do meio (SPARKS, 1994).

Em relação aos elementos-traço, o pH afeta a dinâmica dos íons metálicos catiônicos (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cr^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} e Cd^{2+}), sendo estes mais móveis em condições de pH baixo, ou seja, em ambiente de maior acidez, principalmente em solos com elevado grau de intemperização, nos quais os grupos funcionais de superfície dos componentes coloidais são, na sua maioria, pH-dependentes, especialmente os oxi-hidróxidos de ferro e alumínio (RIEUWERTS et al., 2006).

Por outro lado, condições de pH acima de 6,0 favorecem a dissociação de H^+ de grupos OH da matéria orgânica e dos óxidos de Fe e Al, aumentando a adsorção dos metais e posterior precipitação (OLIVEIRA et al., 2002), reduzindo a sua biodisponibilidade.

Dessa forma, os resultados apontam para uma restrição em relação à disponibilidade de nutrientes para as plantas, haja vista que as nativas se adaptam a essas condições edáficas. Isso é notado pela presença de vegetação nativa em vários pontos das margens do rio. A procedência dos resultados observados pode estar relacionada com os processos de inundações nos períodos de cheia dos rios, o que pode provocar remoção das bases trocáveis presentes e de matéria orgânica, gerando acidificação do meio pela ocupação da CTC por íons acidificantes, tais como H^+ e Al^{3+} .

Tabela 14 - Classes de interpretações para a acidez ativa do solo

pH _{H2O}						
Ac. Muito elevado	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
<4,5	4,5-5,4	5,1-6,0	6,1-6,9	7,0	7,1-7,8	>7,8

Fonte: Ribeiro et al. (1999)

5.3.3 Elementos-traço no sedimento de fundo

Foram avaliados os elementos-traço cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu) e zinco (Zn) em sedimento de fundo compreendendo períodos sazonais.

Os valores encontrados foram comparados com a Resolução do CONAMA nº 454, de 01 de Novembro de 2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Nesta resolução são apresentados os valores de referência para os elementos As, Hg, Cu, Zn, Cd, Ni, Cr e Pb, denominados Nível I, limiar abaixo do qual não se observa efeito adverso à biota e Nível II, valor acima do qual provavelmente se observa efeito adverso à biota.

Em todos os pontos avaliados não ocorreram concentrações de elementos-traço acima do Nível II estabelecido pelo CONAMA 454/12.

A resolução CONAMA 454/12 não estabelece valores limite na concentração de Co em sedimento, o que dificulta a compreensão dos riscos que este elemento pode representar a biota. Porém, quando comparado com a Resolução nº 420/2009 que estabelece valor máximo permitido na prevenção de solos (Tabela 3), os teores de cobalto em sedimento de fundo acima do valor de prevenção, foram observados nos pontos IFCN1 (25,96 mg kg⁻¹) e SJCN1 (28,75 mg kg⁻¹) em NOV/15 (Tabela 15).

Teixeira et al. (2000) encontraram nos sedimentos dos rios Jacuí, Taquari, Conde e Ratos do Rio Grande do Sul concentração de cobalto na faixa de 16 a 111 mg kg⁻¹. Sampaio (2003) avaliando elementos-traço na água e sedimentos dos rios da bacia do Alto Paraguai encontrou concentrações de cobalto em sedimentos nos rios em estudo variando de 200 a 246 mg Kg⁻¹. Neste estudo as concentrações de Co variaram de 14,97 a 28,75 mg kg⁻¹.

O teor de Cr encontrado no sedimento de fundo foi superior ao nível I (37,3 mg kg⁻¹) no ponto SJCN1 (48,30 mg kg⁻¹) em NOV/15 (Tabela 15). Este aumento se deve as atividades agrícolas da região, que utilizam como fonte de adubação fertilizantes orgânicos a base de dejetos líquido suíno. As altas precipitações ocorridas no período de AGO a NOV/15 proporcionaram aumento na concentração de Cr, através da lixiviação. Outro fato relevante é a proximidade do ponto IFCN1 da Unidade de terminação suína, a qual pode estar contribuindo no aporte de Cr, considerando que este ponto está situado no Rio Inferno Grande, afluente do Rio São João,

Trindade, Horn e Ribeiro (2012) avaliando as concentrações de elementos-traço em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG encontraram concentrações de Cr acima do Nível I em área de pastagem (61 mg kg⁻¹) e fruticultura (48,98 mg kg⁻¹).

Tabela 15 - Concentrações totais média dos elementos-traço em sedimento de fundo no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Baía do Rio Canoas, SC (Continua)

Pontos de amostragem	-----Co (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
CNUR1	<LDI ⁽¹⁾	<LDI	<LDI	15,17 aA	15,57 aA	15,04 dA
CNUR2	<LDI	<LDI	15,04 aA	15,02 aA	15,82 aA	<LDI
CNOT3	<LDI	<LDI	14,97 aA	15,04 aA	15,47 aA	<LDI
CNCP4	<LDI	<LDI	15,08 aA	15,01 aA	15,11 aA	15,12 dA
CVPA1	<LDI	<LDI	15,83 aB	16,11 aB	15,59 aB	21,61 cA
CVLA2	<LDI	<LDI	15,21 aA	15,19 aA	15,52 aA	15,91 dA
MASC1	<LDI	<LDI	<LDI	15,14 aA	15,26 aA	15,03 dA
MAFR2	<LDI	<LDI	17,77 aB	15,03 aC	15,10 aC	23,31 cA
IFCN1	<LDI	<LDI	15,41 aB	15,35 aB	15,28 aB	25,96 bA
SJCN1	<LDI	<LDI	15,12 aB	16,49 aB	15,39 aB	28,75 aA
CV (%)	13,30					
Pontos de amostragem	-----Cr (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
CNUR1	<LDI	9,77 bA	<LDI	10,73 bA	9,04 bB	<LDI
CNUR2	<LDI	<LDI	<LDI	<LDI	9,19 bA	<LDI
CNOT3	<LDI	<LDI	<LDI	<LDI	8,98 bA	<LDI
CNCP4	<LDI	<LDI	<LDI	<LDI	<LDI	13,02 dA
CVPA1	<LDI	<LDI	<LDI	<LDI	9,06 bB	18,99 dA
CVLA2	9,64 bB	9,96 bB	<LDI	10,24 bB	9,01 bB	23,32 cA
MASC1	<LDI	<LDI	13,72 bC	16,81 aB	9,44 bD	32,80 bA
MAFR2	<LDI	15,65 aB	11,10 bC	11,57 bC	8,97 bD	34,39 bA
IFCN1	<LDI	10,98 bC	15,60 aB	<LDI	8,87 bD	29,67 bA
SJCN1	18,27 aB	16,95 aB	16,93 aB	17,10 aB	11,77 aC	48,30 aA
CV (%)	5,75					
Pontos de amostragem	-----Cu (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
CNUR1	51,24 aA	46,10 aA	20,77 bC	34,64 bB	28,79 bC	35,36 bB
CNUR2	44,91 aA	21,62 bB	16,49 cB	16,49 cB	13,78 cB	13,01 dB
CNOT3	<LDI	9,47 cA	14,13 cA	18,59 cA	13,47 cA	13,21 dA
CNCP4	45,44 bA	15,59 cB	13,14 cB	19,14 cB	13,16 cB	19,12 dB
CVPA1	30,03 bA	21,72 bA	23,56 bB	18,93 cB	16,53 cB	30,17 cA
CVLA2	19,24 cA	22,92 bA	18,83 bA	22,06 cA	13,52 cB	21,40 cA
MASC1	23,69 cB	<LDI	39,86 aA	29,95 bA	17,05 cC	25,62 cB
MAFR2	<LDI	38,28 aA	26,81 bB	34,32 bA	30,43 bB	42,97 bA
IFCN1	39,73 bB	52,77 aA	56,07 aA	51,22 aA	44,98 aB	68,85 aA
SJCN1	47,29 aA	52,17 aA	45,28 aA	51,71 aA	43,09 aA	67,17 aA
CV (%)	8,78					
Pontos de amostragem	-----Zn (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
CNUR1	31,22 aA	35,99 aA	18,71 bB	32,55 aA	20,39 bB	22,82 cB
CNUR2	23,93 bA	17,56 bA	14,07 cB	18,70 bA	14,80 bB	13,97 dB
CNOT3	13,80 cB	40,27 aA	18,16 bB	17,80 bB	14,47 bB	38,20 cA
CNCP4	30,54 aB	15,71 cD	14,74 cD	20,40 bC	14,13 bD	75,88 bA
CVPA1	20,85 bB	17,33 bB	19,81 bB	16,95 bB	16,73 bB	76,96 bA
CVLA2	35,15 aB	40,81 aB	36,44 aB	30,72 aC	25,30 aC	141,21 aA
MASC1	6,57 cC	15,16 cC	21,81 bB	24,92 aB	17,37 bC	75,19 bA

Tabela 15 - Concentrações totais média dos elementos-traço em sedimento de fundo no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC (Conclusão)

Pontos de amostragem	-----Zn (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
MAFR2	<LDI	29,30 aB	34,76 aB	26,49 aB	27,25 aB	117,77 aA
IFCN1	23,03 bC	42,28 aB	30,13 aC	30,17 aC	30,82 aC	139,99 aA
SJCN1	29,33 aC	40,05 aB	27,02 aC	27,16 aC	22,98 aC	198,56 aA
CV (%)	7,61					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/ Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/ Ponto 1.

⁽¹⁾Abaixo do limite de detecção instrumental.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Fonte: Produção próprio autor (2017).

Na Tabela 15, a concentração de Cu apresentou variação ao longo do período de coleta, sendo registrada acima do nível I (35,7 mg kg⁻¹) nos pontos CNUR1, CNUR2, CNCP4,

IFCN1 e SJCN1. Observou-se a ocorrência de maior elevação de concentração (acima do nível I), nos pontos que apresentam proximidades agrícolas (CNUR1, CNUR2, CNCP4, IFCN1 e SJCN1) e menor, em pontos próximos a indústria (CNCP4). Desta forma, mostra-se preocupante o uso frequente de fertilizantes orgânicos a base de esterco suíno, uma vez que este é o principal responsável pelo acréscimo de Cu no sedimento de fundo.

Na região de nascente as concentrações estiveram altas na montante e jusante da cidade de Urubici (DEZ/14) e no baixo da Bacia do Rio Canoas nos pontos IFCN1 e SJCN1 em todos os períodos de coleta as concentrações de Cu estiveram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012. Outra atividade na agricultura e que pode contribuir no aumento das concentrações de Cu é o uso do fungicida natural (calda bordaleza), sendo comum sua utilização em videiras e que apresenta na sua composição sulfato de cobre em conjunto com cal virgem. A contaminação proveniente dos pontos de região de nascente neste estudo pode estar ligada ao uso constante do fungicida natural, uma vez que são áreas que apresentam grande produções de maçãs.

As concentrações de Zn na Tabela 15 estiveram acima do Nível I (123 mg kg⁻¹) nos pontos CVLA2, IFCN1 e SJCN1 com concentrações 141,21; 139,99 e 198,56 mg kg⁻¹ respectivamente, no período de NOV/15. O aumento na concentração encontrada no ponto CVLA2 estar relacionada ao esgoto doméstico que durante o período de alta precipitação ocorrido no mês anterior proporcionou o aumento do fluxo e da carga de efluentes domésticos.

Nos pontos IFCN1 e SJCN1, as atividades predominantes na concentração de Zn vem sendo a adubação com dejetos suínos, tendo em mente que o ponto IFCN1 localiza-se próximo a Unidade de Terminação Suína e esta tem contribuído com impactos ambientais. Desta forma, o aumento concentrado de Zn no período de NOV/15 pode estar relacionado ao período de adubação, que associado às precipitações, acelera os processos de lixiviação do fertilizante orgânico, fonte de Zn, nos corpos hídricos.

As concentrações de Co, Cr e Zn no sedimento de fundo acima do Nível I se concentraram no médio e baixo da Bacia do Rio Canoas no período de NOV/15. Já o aumento na concentração de Cu variou entre os pontos de região de nascente (CNUR1 e CNUR2) nos períodos de DEZ/14 a FEV/15; houve aumento no ponto CNCP4 que apresenta proximidade de indústria em DEZ/14, porém as maiores concentrações foram registradas em áreas de monocultura em todos os períodos de coleta nos pontos IFCN1 e SJCN1, sendo estes associados a prática da adubação no uso de dejetos suínos.

Os teores de elementos-traço podem sofrer alterações de acordo com as condições ambientais locais. Diversos fatores como sazonalidade, uso e ocupação dos solos marginais, tipo de sedimento depositado e alteração do pH do sedimento, podem aumentar ou diminuir as suas concentrações e a sua biodisponibilidade no ambiente (PEREIRA et al. 2006).

5.3.4 Elementos-traço nos pontos de amostragem às margens do rio Canoas e seus afluentes

Na Tabela 16 estão representados os teores Co, Cr, Cu e Zn quantificados no sedimento (CNUR1, CNUR2, CNOT3, CNCP4, CVPA1 e CVLA2) e no solo (MASC1, MAFR2, IFCN1 e SJCN1) às margens do rio Canoas e seus afluentes.

No sedimento de margem, as concentrações de Cr, Cu, Zn estiveram acima do Nível I (limiar abaixo do qual não se observa efeito adverso à biota) no alto da Bacia do Rio Canoas no ponto CNUR1, já no médio da Bacia a concentração de Zn excedeu no ponto CVLA2.

Entre os pontos amostrais no sedimento de margem não houve nenhuma ocorrência de valores acima do Nível II (valor acima do qual provavelmente se observa efeito adverso à biota) conforme estabelecido pelo CONAMA 454/12.

Tabela 16 - Concentrações totais média de cobalto nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de amostragem	-----Co (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
-----Sedimento-----						
CNUR1	9,84 dC	15,69 cB	15,92 dB	22,49 dA	15,17 aB	1,87 bD
CNUR2	11,15 dA	2,11 cA	10,15 eA	11,34 eA	6,80 cB	1,91 bC
CNOT3	5,53 eB	9,42 dA	8,37 fA	10,07 eA	1,91 dC	1,93 bC
CNCP4	2,41 fB	8,58 dA	7,31 fA	10,22 eA	1,94 dB	1,95 bB
CVPA1	9,45 dC	21,72 bB	12,22 eC	25,96 cA	5,70 cD	4,35 bD
CVLA2	14,43 cB	14,52 cB	15,81 dB	19,92 dA	3,89 dC	1,95 bC
-----Solo-----						
MASC1	5,94 eC	22,73 bA	15,55 dB	23,25 dA	5,25 cC	1,93 bD
MAFR2	2,05 fE	26,95 aB	19,38 cC	37,80 bA	3,21 dE	6,63 aD
IFCN1	36,17 aB	20,80 bD	26,86 bC	50,88 aA	7,34 cE	10,18 aE
SJCN1	32,42 bB	20,25 bC	30,91 aB	38,99 bA	11,36 bD	9,09 aD
CV (%)	11,07					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/ Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/ Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/ Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/ Ponto 1.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Fonte: Produção próprio autor (2017).

Na Tabela 16 observa-se que a concentração total média de cobalto no solo excedeu acima do estabelecido pelo CONAMA nº 420/2009 para solos agrícolas (35 mg kg^{-1}) nos pontos MAFR2 e SJCN1 (JUN/15) e no ponto IFCN1 (DEZ/14 e JUN/15). Este aumento possivelmente pode estar associado com as áreas de monocultura da soja implantada na região, na utilização de fertilizantes minerais a base de cobalto (cloreto, sulfato ou nitrato).

Os pontos que apresentaram aumento na concentração de Co no solo estão situados próximos às áreas de monocultura da soja, e a forma como este micronutriente é aplicado nas lavouras pode estar favorecendo sua concentração no solo e a lixiviação do mesmo nas margens dos rios.

No período de NOV/15 (Tabela 16) as concentrações de Co apresentaram-se baixas, fato que pode ser explicado devido as variáveis espaciais. Para dar continuidade as coletas, as mesmas foram feitas em pontos próximos, o que pode explicar essa diferenciação nas concentrações de Co.

Observa-se na Tabela 17 que as concentrações de Cr no período de NOV/15 estiveram abaixo do limite de detecção instrumental no sedimento de margem, este comportamento se deve as variáveis espaciais.

No solo as concentrações de Cr atenderam as especificações do CONAMA n° 420/2009 estabelecendo valor de prevenção e em solos agrícolas de 75 e 150 mg kg⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 17 - Concentrações totais média de cromo nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de amostragem	-----Cr (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
-----Sedimento-----						
CNUR1	15,00 dC	28,41 cB	28,35 dB	37,59 cA	28,51 aB	<LDI
CNUR2	17,37 dB	18,45 eB	15,26 eC	23,40 fA	13,84 bC	<LDI
CNOT3	15,68 dB	14,40 fB	12,62 eB	18,70 gA	<LDI	<LDI
CNCP4	8,94 fC	13,44 fB	11,14 eC	17,54 gA	<LDI	<LDI
CVPA1	<LDI ⁽¹⁾	17,90 eB	14,83 eB	28,96 eA	<LDI	<LDI
CVLA2	26,11 cB	24,53 dB	24,46 dB	32,83 dA	<LDI	<LDI
-----Solo-----						
MASC1	13,03 eD	54,90 aB	52,24 aB	62,91 aA	16,93 bC	10,56 aD
MAFR2	<LDI	34,56 bC	38,92 cB	46,73 bA	9,62 cD	7,81 bD
IFCN1	35,18 bA	14,31 fC	26,69 dB	33,96 dA	<LDI	<LDI
SJCN1	51,39 aB	17,91 eD	46,92 bC	59,47 aA	15,65 bD	12,24 aE
CV (%)	8,56					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otaclio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/ Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/ Ponto 2;IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/ Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/ Ponto 1.

⁽¹⁾Abaixo do limite de detecção instrumental.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P > 0,05).

Fonte: Produção próprio autor (2017).

Com base nos resultados expressos na Tabela 18, as concentrações de Cu estiveram acima do nível I (35,7 mg kg⁻¹) conforme o CONAMA 454/12 na região de nascente no ponto CNUR1 (43,53 mg kg⁻¹) no sedimento de margem, porém no solo as concentrações de Cu estiveram acima do estabelecido para valores de prevenção (CONAMA n°420/2009) nos pontos MAFR2; IFCN1 e SJCN1, sendo registrado as maiores concentrações nos períodos de ABR/JUN/15 na estação outono/inverno. O aumento das concentrações estão ligadas as atividades agrícolas, uma vez que os pontos que apresentaram aumento estão situados numa região de culturas anuais feijão, milho, soja e trigo, como também na criação de animais, entre os mais comuns, a bovinocultura e a suinocultura.

Tabela 18 - Concentrações totais média de cobre nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de amostragem	-----Cu (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
-----Sedimento-----						
CNUR1	16,47 cC	32,83 cB	32,29 dB	43,53 cA	29,91 cB	20,63 eC
CNUR2	15,23 cB	16,10 dB	11,66 fB	18,65 eA	23,71 cA	13,88 fB
CNOT3	7,20 dA	7,56 eA	7,27 fA	10,06 fA	8,83 dA	7,25 gA
CNCP4	7,42 dB	19,71 dA	12,78 fB	18,41 eA	10,29 dB	9,05 gB
CVPA1	11,62 dB	27,89 cA	16,76 eB	33,92 dA	31,19 cA	33,33 dA
CVLA2	21,80 cA	19,81 dA	20,65 eA	27,05 dA	24,31 cA	16,88 fA
-----Solo-----						
MASC1	8,52 dD	44,45 bB	29,99 dC	55,12 bA	29,98 cC	23,90 eC
MAFR2	7,15 dC	41,82 bB	41,01 cB	61,09 bA	42,06 bB	40,38 cB
IFCN1	55,52 bC	53,91 aC	68,17 aB	78,24 aA	59,54 aC	64,88 aB
SJCN1	64,27 aB	58,46 aB	60,30 bB	82,11 aA	63,62 aB	55,53 bB
CV (%)	11,76					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Fonte: Produção próprio autor (2017).

Na região de nascente as concentrações de zinco (Tabela 19) excederam o nível I no ponto CNUR1 no rio Canoas na cidade de Urubici nos períodos de FEV/15 (123,44 mg kg⁻¹) e JUN/15 (149,14 mg kg⁻¹).

No rio Caveiras na Cidade de Lages (CVLA2) a concentração de Zn esteve acima do permitido pelo CONAMA 454/12 (123 mg kg⁻¹) em quase todos os períodos de coleta (DEZ/14 a JUN/15), com concentrações variando de 124,53 - 165,23 mg kg⁻¹.

No solo as concentrações de Zn atenderam as especificações estabelecida pelo CONAMA n°420/2009.

O aumento das concentrações de Zn no sedimento de margem quantificada no ponto CVLA2 estar associada com a contribuição do esgoto doméstico no Rio Caveiras, enquanto no ponto CNUR1, situada na região de nascente, pode haver a contribuição das atividades agrícolas, sendo uma região de cultivo de hortaliças e videiras.

Froehner e Martins (2008) em seu estudo, encontraram concentrações de Zn no sedimento de superfície acima do permitido com concentração de 130- 226,0 mg kg⁻¹. Segundo os autores, esta elevação provavelmente se deve a presença de indústrias que

utilizam processos galvânicos em suas atividades, a drenagem urbana que carrega zinco presente no solo como fertilizante agrícola e a deposição de esgoto doméstico *in natura*.

Tabela 19 - Concentrações totais média de zinco nos pontos de amostragem às margens no período de DEZ/14 a NOV/15 em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de amostragem	-----Zn (mg kg ⁻¹)-----					
	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15
-----Sedimento-----						
CNUR1	63,55 bB	123,44 aA	120,85 aA	149,14 aA	115,02 aA	23,11 cC
CNUR2	78,25 bA	79,80 bA	72,54 bA	105,69 bA	55,68 bB	19,12 dC
CNOT3	57,48 bA	73,89 bA	65,29 bA	88,07 bA	12,37 eB	11,64 eB
CNCP4	37,06 cC	76,52 bB	59,14 bB	100,77 bA	16,57 dD	15,31 dD
CVPA1	44,75 cC	69,58 bB	61,53 bC	96,06 bA	22,25 cD	11,44 eE
CVLA2	147,73 aA	143,48 aA	124,53 aA	165,23 aA	33,20 bB	33,64 bB
-----Solo-----						
MASC1	27,89 dC	94,55 bB	81,56 bB	172,76 aA	25,49 cC	16,08 dD
MAFR2	12,19 eC	109,49 aA	109,47 aA	143,40 aA	32,19 bB	26,98 cB
IFCN1	128,08 aA	117,06 aA	135,93 aA	148,55 aA	31,81 bC	46,82 aB
SJCN1	116,44 aA	110,35 aA	107,40 aA	148,94 aA	36,17 bB	33,35 bB
CV (%)	3,85					

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otaclílo Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/ Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/ Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/ Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/ Ponto 1.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Fonte: Produção próprio autor (2017).

Na Tabela 20 estão expressos os valores de coeficientes de correlação linear entre as concentrações quantificados no sedimento de fundo e no sedimento e solo às margens com valores variando de 0,02 a 0,71.

Observa-se que o Cu avaliado nos pontos de amostragem nas margens apresentou maiores valores de correlação com todos os metais avaliados em sedimento de fundo.

Tabela 20 - Valores de coeficientes de correlação linear de Pearson entre as concentrações dos metais medidos no sedimento de fundo e pontos amostrado nas margens

Sedimento de fundo	Pontos de amostragem nas margens			
	Co	Cr	Cu	Zn
Co	-0,09 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,29*	-0,22*
Cr	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,39*	-0,11 ^{ns}
Cu	0,43*	0,22*	0,71*	0,23*
Zn	-0,15 ^{ns}	-0,22*	0,21*	-0,21*

*Significativo a 5 %; ^{ns} Não Significativo.

Fonte: Próprio autor (2017).

Os coeficientes de correlação linear entre as concentrações dos elementos-traço e a granulometria, medidos no sedimento de fundo e nas margens, são apresentados na Tabela 21.

Observa-se que todos os metais (Co, Cr, Cu e Zn) tiveram correlação negativa com a granulometria areia, os metais Cr, Cu e Zn tiveram correlação positiva com silte e todos os elementos-traço avaliados neste estudo tiveram correlação positiva com argila. Para os metais avaliados nas margens, Cr e Zn tiveram correlação negativa com areia e positiva com argila, Zn teve correlação positiva com silte e Co não apresentou concentração significativa com a granulometria ($p > 0,05$).

Tabela 21 - Valores de coeficientes de correlação linear de Pearson entre a concentrações dos metais com a granulometria medidos no sedimento de fundo e pontos amostrados nas margens

Granulometria	Sedimento de fundo			
	Co	Cr	Cu	Zn
Areia	-0,44*	-0,53*	-0,61*	-0,63*
Silte	0,34 ^{ns}	0,51*	0,46*	0,62*
Argila	0,51*	0,51*	0,70*	0,60*
Pontos de amostragem nas margens				
Areia	-0,27 ^{ns}	-0,48*	-0,29 ^{ns}	-0,62*
Silte	,19 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,61*
Argila	0,34 ^{ns}	0,54*	0,41 ^{ns}	0,53*

*Significativo a 5 %; ^{ns} Não Significativo

Fonte: Próprio autor (2017).

Um dos mais importantes fatores que influenciam a capacidade de adsorção dos elementos-traço nas partículas inorgânicas é a dimensão da partícula, pois a fração fina (< 63 μm) é eletricamente ativa e possui uma grande superfície específica para adsorver os metais (SOUZA, et al., 2015), portanto os elementos-traço têm grande afinidade com sedimentos finos e suas concentrações são controladas por processos que regem o transporte e deposição nos sedimentos (MARX; KAMBER, 2014).

6 CONCLUSÕES

Os parâmetros físico-químicos da água se enquadraram dentro de rios para Classe 1, conforme a Resolução CONAMA nº 357/05, porém, com base nos resultados gerais a qualidade da água na Bacia do Rio Canoas se enquadra dentro da Classe 2.

A quantificação de Al, Fe, K, Cd, Mn, Pb, Zn, Cu e Co esteve abaixo do limite de detecção instrumental em água, porém foi quantificado magnésio (Mg), não sendo este tratado como problema em águas sub e superficiais;

Com base nos resultados do sedimento de fundo, no alto da Bacia do Rio Canoas, as concentrações de Cu acima do Nível I variaram entre os pontos de região de nascente (CNUR1 e CNUR2) e o ponto CNCP4, enquanto no médio e baixo da Bacia, as concentrações de Cr e Zn excederam o permitido pelo CONAMA 454/12 nos pontos CVLA2, IFCN1 e SJCN1;

No sedimento de margem as concentrações estiveram acima do CONAMA 454/12 para Cu e Zn, enquanto no solo o teor de Cu excedeu o permitido pelo CONAMA nº 420/2009;

As atividades agrícolas e a deposição de esgoto doméstico foram os principais responsáveis no aumento das concentrações de elementos-traço nos compartimentos de sedimento de fundo, margem e solo.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, D.C. Trace Elements in the terrestrial environment. New York, Springer Verlag, 532, 1986

AGUIAR, J. E. **Comparação de Metodologias para Caracterização da Geoquímica de Metais-traços em Sedimentos da Plataforma Continental do Ceará.** 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas.** Portal da qualidade das águas. 2009. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>> Acesso em: 06 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas. Portal da qualidade das águas.** 2017. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx#_ftn1> Acesso em: 06 jan. 2017.

ALMEIDA, E. S. de. **Qualidade de água da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Padilhas-Curitiba/PR e suas implicações para a saúde,** 11f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-graduação em Geografia, Curitiba-PR, 2005.

ALVES, W.; ANDRADE, D. **Avaliação da Qualidade da Água por Meio de Análises Físico-Químicas.** In: Guia on-line: I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IFGoiano, 06- 07 Nov. 2012, Rio Verde - GO. Disponível em: <<http://rioverde.ifgoiano.edu.br/wpcontent/uploads/dppg/resumos/iniciacao/cienciasambientais/Avalia%C3%A7%C3%A3o-da-Qualidade-da-%C3%81gua-por-Meio-de-An%C3%A1lises-F%C3%ADsico-Qu%C3%ADmicas.pdf>> Acesso em: 06 ago. 2015.

ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O. O.; TREVILATO, T. M.B.; MUÑOZ, S. I. S. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Rev. Ambi-Água**, V.5, n.3, p. 122-132, 2010.

ALVES, C. M. R.F. **Especiação de Metais Pesados em Sedimentos Aplicados à Bacia Hidrográfica do Rio Ave.** 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Química, Porto, 2002.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995. 1268 p.

ARANTES, E. M.; NOGUEIRA, F. D. Efeito da relação Ca/ Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, nas concentrações de K, Ca e Mg, e nas relações catiônicas da parte aérea. **Ciência Prática**, v. 10, p. 136- 145, 1986.

ARANTES, D. M. **Deposição e exportação de sólidos e nutrientes na sub-bacia do Ribeirão das Cruzes, baixo Tietê (SP)**. 125f. Dissertação (Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

ARINE, D. R. **Análise de águas de superfície e sedimentos de rios da região de Iperó, SP, por espectrometria de absorção atômica e por ativação neutrônica**. 2000.138f. Dissertação (Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Aplicações) – Autarquia Associada à Universidade de São Paulo – Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares, 2000.

ATLAS de Santa Catarina. Florianópolis, 1986. 176 p.

BELADEL, B. et al. Trace elements determination in Algerian wheat by instrumental neutron activation analysis (INAA). **Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry**, v. 293, n. 2, p. 497-501, 2012.

BELÓ, A.; PÉRCIO QUINÁIA, S.; LOWE PLETSCHE, A. Caracterização de sedimento superficial do Rio Jordão na região Centro-Sul do Estado do Paraná, Brasil. **Ambiente e Água – Na Interdisciplinary, Journal of applied Science**, Taubaté, V.5, n.1, p. 134-144, 2010.

BOAVENTURA, R. (1994). Indicadores de qualidade de água, FEUP.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 454, DE 01 DE NOVEMBRO de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.87 de maio de 2004. Seção 1, p.56-57.

BRASIL. RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em 17 abril, 2017.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem

como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em Setembro, 2015.

BRASIL. RESOLUÇÃO RDC nº. 54 de 15 de junho de 2000. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de água mineral natural e água potável. Disponível em:<http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_consumidor/legislacao/leg_saude/Resol-ANVISA-274-05.htm>. Acesso em 24 Maio, 2017.

BRANDELERO, S. M. **Monitoramento de água e sedimento no rio Palmeiras, Bacia do Tubarão,SC, em áreas de mineração de carvão.** 82f. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo- Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages-SC. 2015.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT - CCME 1999. Canadian environmental quality guidelines for the protection of aquatic life. (http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1497_waste_char.rpt_final_e.pdf). Acesso em 10/03/2015.

CARDOSO, J.T.; GIROTTO, S.B.F.T.; SPINELLI, V. A.; SKORONSKI, S. E.; TREVISAN, V.; BREM, B. C.; STRADIOTO NETO, E. A.; ZAMBELLI, N. L. N.; CORRÊA, A. Monitoramento da qualidade da água do Rio Carahá na Cidade de Lages-SC, através de parâmetros biológicos e físico-químicos. Iniciação Científica, 2014. Disponível em:<http://www.udesc.br/arquivos/id_submenu/1816/60josiane_teresinha_cardoso___sandy_bernardi_falcadi_tedesco_girotto.pdf>. Acesso em 06 nov. 2015.

CASARTELLI, E.A.; MIEKELEY, N. Determination of thorium and light rare-earth elements in soil water and its humic fraction by ICP-MS and on-line coupled size exclusion chromatography. Anal Bional Chem, 2003.

CESCONETTO NETO, G. **Decomposição de fenol e efluente da indústria de papel e celulose por fotocatalise heterogenia.** Dissertação (Mestre em Engenharia Química) – programa de pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CIMA, E. F.; ANDRADE, L. N. P. S.; SOUZA, C. A.; SANTOS, M.; LEANDRO, G. R. S. Frequência granulométrica e deposição de sedimentos em ambientes do corredor fluvial do rio Paraguai, Pantanal superior, Mato Grosso. **Cadernos de Geociências**, V. 11, n. 1-2, p. 1-6, 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo, 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB.
Levantamentos Técnicos. São Paulo, 2001.

COTTA, J. A. de O. Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). 2003. 120p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003..

CRISPIM, D. L.; ISMAEL, L. L.; DE SOUSA, T. M. I.; GARRIDO, J. W. A.; DE QUEIROZ, M. M. F. Transporte e caracterização de sedimentos de fundo mo rio Piranhas em uma seção de controle próximo à sede do município de Pombal-PB. **Rev. Holos**, v.3. n.1, p. 93-101,2015.

CRUVINEL, P. B.; ROSOLEN, V. Avaliação da contaminação química de sedimentos no córrego liso (Uberlândia-MG): Subsídios para estudos de qualidade ambiental. **Rev. Horizonte Científico**, V. 5, nº 2, P. 1-21, 2011.

DORES, C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso—análise preliminar. **Quim. Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; SILVA, M. R.; PAVINATO, P. S.; HABITZREITER, T. L. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1,p.2741-2752,2012.

EMBRAPA – Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Lucilia Maria Parron; Daphne Heloisa de Freitas Muniz; Claudia Mara Pereira. Embrapa Florestas, 2011.

EPA – United States Environmental Protection Agency. Water Quality Criteria, Washington, D.C. 595 p., 1972.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE- FATMA. Plano de Manejo do Parque Estadual Rio Canoas – Encarte 2. Análise Regional. 2007.

FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba. **Quim. Nova**, V. 31, n.8,p.2020-2026, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Dados cidades Santa Catarina, 2015. Disponível em:
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=421175&search=santa-catarina|otacilio-costa|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em 10 abr 2017.

KABATA-PENDIAS, A. Trace elements in soils and plants, 4th ed. Boca raton: CRC, 2011. 505p.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS, H. 1992. Trace elements in soils and plants. 2. ed. London: CRC, 1992. 315p.

KOCHIAN, L. V. The physiology and biophysics of an aluminum tolerance mechanism based on root citrate exudation in maize. **Plant Physiology**, Rockville, v.129, n.3, p.1194-1206, 2002.

LEITE, M. S. B. **Avaliação de metodologias para amostragem de água visando o monitoramento de variáveis limnológicas**. 108f. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2014.

LINS, F.A.F.; LUZ, A.B. Rochas & minerais industriais: usos e especificações: CETEM/MCT – RJ, (2005). p. ISBN 8572272178.

MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O.; RIBEIRO, P. H.; RIGO, M. M.; CANDIDO, A. O. A dinâmica de metais-traço no solo. R. Bras. Agrocência, v.17, n.3-4, p.383-391, 2011.

MARTINS, L. H. B. **Avaliação do impacto ambiental causado pelo efluente da indústria de polpa de celulose e papel, *in situ*, utilizando o bioindicador *Oreochromis niloticus* (TILÁPIA)**. Dissertação apresentada no programa de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina _ UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

MARTINS, L. H. B.; OLIVEIRA, L. C. uso de agrotóxicos e determinação da contaminação da água do rio Canoas na Serra Catarinense com o uso do bioindicador *Rhamdia SP.*(Jundiá). **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.19, n.1,p.55-57, mar. 2006.

MARX. S. K., KAMBER, B. S. Trace-element systematics of sediments in the Murray–Darling Basin, Australia: Sediment provenance and palaeoclimate implications of fine scale chemical heterogeneity, **Appl Geochem**, v. 25, p. 1221 - 1237. 2014.

MAZZOLLI, M; EHRHARDT-BROCARD, N. C. M. Ocupação irregular em áreas de recargado aquífero Guarani e vegetação ripária em Lages-SC. Rev. Geosul, Florianópolis, v.28, n.55, p.163-180, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2006. Caderno da região hidrográfica do Uruguai/Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 128 p.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.

NORONHA, T. J. M.; DA SILVA, H. K. P.; DUARTE, M. M. M. B. Avaliação das concentrações de metais pesados em sedimentos do estuário do rio Timbó, Pernambuco-Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 44, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ABREU JUNIOR, C. H. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 529-538, 2002.

PAIVA, A. B. **Avaliação de risco ambiental utilizando parâmetros físico-químicos e biológicos no Rio Canoas/SC**. Dissertação apresentada no programa de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina _ UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

PADILHA, J. **Erosão hídrica em um cambissolo entre o segundo e o terceiro ano de cultivo de eucalyptus benthamii, sob três métodos de preparo do solo**. p.75. (Dissertação de Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013.

PEREIRA, G. S. **Análise da erosão hídrica do solo em plantio de *Eucalypto benthamii* no município de Otacílio Costa**. 2014, 80f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages-SC, 2014.

PEREIRA, L. L. et al. Geoquímica dos Sedimentos lacustres – lagoas de Paripueira e do Sal no município de Beberibe – CE. **Revista de Geologia**, vol. 19, nº 2, 215-223, 2006.

PRAUN JR., A. **Proposta de corredor ecológico para as áreas de recarga direta do aquífero guarani em Santa Catarina – Brasil**. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RAFAELI NETO, S. L. L.; BECEGATO, V. A.; CABRAL, J. B. Monitoramento da qualidade da água do rio Caveiras no Planalto Serrano de Santa Catarina com suporte de tecnologias de geomática. **Bol. Goia. Geogr.** (online). Goiânia, v.33, n.1, p.27-46. 2013.

RAFAELI NETO, S. L. **Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

RAMOS, F. O.; SOUZA, I. C.; BARROS, L. C.; SOUSA, V. F. Avaliação da fertilidade dos solos em áreas preservadas e degradadas as margens do Córrego Machado no município de Palmas-TO. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.867-874, 2000.

RIEUWERTS, J.S., ASHNORE, M.R.; FARAGO, M.E., THORNTON, I. The influence of soil characteristics on the extractability of Cd, Pb and Zn in upland and moorland soils. **Sci. Total Environ.**, V.366, n.1, p. 864-875, 2006.

ROSSIELLO, R. O. P.; JACOB NETTO, J. Toxidez de alumínio em plantas: novos enfoques para um velho problema. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. p. 376-418.

SAMPAIO, A. C. S. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da Bacia do Alto Paraguai**. 2003. 76f. Dissertação (Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul- Campo Grande-MS. 2003.

SANTOS, F. A. S.; MARIANO, R. S. R.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; BAMPI, A. C. Atributos químicos e físicos de solos das margens do rio Paraguai. **Rev. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, 2013.

SECRETARIA DO ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE - SDM. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis: 1997.

SELINUS, O. et al. Metal and arsenic distribution in soil particle sizes relevant to soil ingestion by children. **Applied Geochemistry**, v. 21, n. 9, p. 1613-1624, 2006.

SIEGEL, F.R. Review of research on modern problems in geochemistry. **Earth Sciences**, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, N.Y., vol. 16,1979.

SILVA, T. G. O. **Determinação de teor de metais presentes em amostras de água e sedimentos do Córrego Monjolinho, São Carlos-SP**. 2006. 75f. Monografia (Graduação em Biologia) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

SILVA, M. R. C. **Estudo de sedimento da Bacia hidrográfica do Moji-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**. 113f. Dissertação (Mestre em Ciência Química analítica) – Programa Pós-Graduação em química- Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SILVA C. R., FIGUEIREDO, B. R., CAPITANI, E. M. 2006. Geologia médica no Brasil. In: Silva C. R. (ed.) Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. Rio de Janeiro, CPRM, p. 6-14.

SILVEIRA, G. V. **Influência do uso da terra nos parâmetros limnológicos na bacia hidrográfica do rio Itu-RS**. 92f. Dissertação (Mestre em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2014.

SOUZA, C. A. de; CUNHA, S. B. Pantanal de Cáceres - MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã-MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros** – Seção Três Lagoas, ano 4, n. 5, 2007.

SOUZA, V. L. B.; HAZIN, C. A.; FONSECA, C. K. L.; SANTOS, S. O. Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: Uma revisão. **Braz. J. Rad. Sci.** V. 3, n. 1, p. 1-13, 2015.

SOUZA, W. L. da S. **Produção de sedimentos da bacia hidrográfica do rio Capibaribe para zona costeira da região metropolitana do Recife. Recife.** 136f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

SHUQAIR, M. S. S. **Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de Figueira no Estado do Paraná.** 2002. 129f. Tese (Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais. Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo-SP. 2002.

SPARKS, D. L. Environmental soil chemistry. San Diego: Academic Press, 1994. 267p.

SREEKRISHNAN, M. A. M. **Aquatic Toxicity from pulp and Paper Mill Effluents: A Review.** Advances in Environmental Research. V. 5, p. 175-196, 2001.

TEDESCO, M.J et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 174p.

TEIXEIRA, E. C.; SANCHEZ, J. C. D.; MIGLIAVACCA, D.; BINOTTO, R. B.; FACHEL, J. M. G. Environmental assesment: study of metals in fluvial sediments in sites impacted by coal processing and steel industry activities. Elsevier Science Ltd. 2000.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, v. 4, 3 ed., 943 p., 2002.

TRINDADE, W. M. **Concentração e distribuição de metais pesados em sedimentos do Rio São Francisco em Três Marias e Pirapora/MG: Fatores naturais e antrópico.** 126f. Dissertação (Mestre em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia – Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

VASCONCELOS, M. G. Avaliação integrada da qualidade da água do rio Uberabinha –MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécimes da Ictiofauna. 188f. Tese (Doutor em Química) – Programa Multi-Institucional da Universidade Federal de Goiás - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

WARREN, L. A.; HAACK, E. A. Biogeochemical controls on metal behaviour in freshwater environments. **Earth-Science Reviews**, v. 54, n. 4, p. 261-320, 2001.

WEDEPOHL, K.H. (ed.). 1978. Handbook of Geochemistry. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, v. 2. 618p.

7 CAPÍTULO 2: AVALIAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO CANOAS, SC/BRASIL

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos têm sido alterados em diferentes escalas, em consequência de processos naturais e pressões de atividades antrópicas, sendo os macroinvertebrados bentônicos organismos capazes de informar possíveis alterações do meio ambiente em nível de poluição. Diante do exposto, o trabalho teve como objetivos avaliar a diversidade das comunidades bentônicas e sua relação com as características físico-químicas da água em locais sob diferentes influências antrópicas e a sua utilização como indicadora da qualidade ambiental na Bacia do Rio Canoas, no estado de Santa Catarina. Os locais de estudo foram nas cidades de Urubici, Otacílio Costa, Paineira, Lages, Campos Novos, Frei Rogério, São Cristóvão do Sul e Correia Pinto. As coletas foram bimestrais, entre os meses de Dezembro/2014 a Novembro/2015, em seis campanhas, compreendendo diferentes períodos sazonais. Em cada ponto de coleta foram realizadas três amostras aleatórias de sedimento, sendo considerada para as análises dos dados cada ponto de coleta, uma unidade amostral, totalizando 60 unidades amostrais realizadas em dez pontos georreferenciados. Os pontos compreendem desde a região das nascentes até a região da foz do Rio Canoas e estão distribuídos próximos as áreas de indústrias e mineração, em áreas de lazer e pesca, na montante e à jusante das cidades e em áreas de atividades agrícolas. Os organismos foram coletados com rede do tipo Surber, de malha 250µm, posicionada contra a correnteza de forma a possibilitar a coleta do sedimento no seu entorno em um esforço amostral de 1 minuto. Foi aplicado o cálculo do índice biológico BMWP', a fim de qualificar a população de macroinvertebrados bentônicos até o nível de Família, quando possível, e a utilização da avaliação rápida da diversidade de habitats por meio do protocolo descrito por Callisto et al. (2002), com modificações. Para os parâmetros físico-químicos, foram determinados *in loco* as variáveis pH, turbidez, temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Foram registrados 72 táxons pertencentes aos Filos Arthropoda, Mollusca, Annelida e Nematoda, e as principais Classes encontradas foram Gastropoda, Arachnida, Insecta, Bivalvia, Malacostraca, Hirudinida, Oligochaeta, Hexapoda, e Entognatha, totalizando 13.091 indivíduos coletados. Nos pontos de amostragem foi registrada maior abundância de indivíduos na Família Hydrobiidae (Classe: Gastropoda), seguido da Família Chironomidae (Ordem: Diptera). Estes organismos indicam má qualidade da água, correspondendo respectivamente aos grupos tolerantes e resistentes à poluição nos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: Ambiente aquático, Diversidade, Poluição dos rios.

EVALUATION OF BENTONIC MACROINVERTEBRATES AS BIOINDICATORS OF WATER QUALITY IN THE CANOAS RIVER BASIN, SC/ BRAZIL

ABSTRACT

The aquatic ecosystems have been altered in different scales, as a consequence of natural processes and pressures of anthropic activities, being the benthic macroinvertebrates organisms able to inform possible changes of the environment as pollution. The objective of this study was to evaluate the diversity of benthic communities and their relationship with the physical and chemical characteristics of water in sites under different anthropic influences and their use as an indicator of environmental quality in the Canoas River Basin in the state of Santa Catarina. The study sites was in the cities of Urubici, Otacilio Costa, Panel, Lages, Campos Novos, Frei Rogerio, São Cristovão do Sul and Correia Pinto. The collections were done bimonthly between the months of December/2014 to November/2015 in six campaigns comprising different seasonal periods. At each collection point, three random samples of sediment were carried out, being considered for the analysis of the data each point of collection a sample unit, totaling 60 sample units carried out in ten georeferenced points. The points range from the region of the springs to the mouth of the Canoas River and are distributed near the areas of industries and mining, in leisure and fishing areas, upstream and downstream of cities and agricultural areas. The organisms were collected with Surber type mesh of 250 μ m mesh positioned against the current in order to allow the collection of the sediment in their surroundings in a sample effort of 1 minute. It was applied the calculation of the biological index 'BMWP', in order to qualifying the population of benthic macroinvertebrates to the level of Family, when possible, and the use of rapid assessment of habitat diversity through the protocol described by Callisto et al. (2002) with modifications. For the physicochemical parameters, pH, turbidity, temperature, electrical conductivity and dissolved oxygen variables were determined in loco. Were recorded 72 taxa belonging to the phylum Arthropoda, Mollusca, Annelida and Nematoda. The main Classes were Gastropoda, Arachnida, Insecta, Bivalvia, Malacostraca, Hirudinida, Oligochaeta, Hexapoda and Entognatha, totaling 13.091 individuals collected. At the sampling points were recorded greater abundance of individuals in the Family Hydrobiidae (Class: Gastropoda), followed by the Family Chironomidae (Order: Diptera). These organisms indicate poor water quality corresponding respectively to tolerant and pollution resistant groups in aquatic ecosystems.

Keywords: Aquatic environment, Diversity, River pollution.

8 INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o fundo de ecossistemas aquáticos durante parte de seu ciclo de vida, associados aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc) (ROSENBERG; RESH, 1993).

A distribuição e a diversidade de macroinvertebrados são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos; presença de vegetação aquática, presença e extensão de mata ciliar, e indiretamente afetados por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária (GOULART; CALLISTO, 2003). Em relação à tolerância, frente a adversidades ambientais, os macroinvertebrados bentônicos podem ser classificados em três grupos principais: organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes (GOULART; CALLISTO, 2003).

O grupo de organismos sensíveis ou intolerantes compreende principalmente representantes das ordens de insetos aquáticos: Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera; caracterizados por organismos que possuem necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água (GOULART; CALLISTO, 2003). Os organismos tolerantes são representados por uma ampla variedade de insetos aquáticos e outros invertebrados, incluindo moluscos, bivalves, algumas Famílias de Diptera e principalmente, por representantes das ordens Heteroptera, Odonata e Coleoptera, embora algumas espécies desses grupos sejam habitantes típicos de ambientes não poluídos. O grupo de organismos resistentes é formado principalmente por larvas de Chironomidae e outros por Diptera e por toda a Classe Oligochaeta. Tanto os Oligochaeta quanto os Chironomidae são organismos de hábito fossorial, não possuindo nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats e microhabitats (GOULART; CALLISTO, 2003).

As perturbações antrópicas em bacias de drenagem afetam a estrutura das comunidades de organismos aquáticos pelos processos de lavagem e carreamento. Assim, alterações a montante dos rios alteram trechos a jusante e isso se deve pelo transporte de massas de água e sedimentos de origem alóctone, ou erodidos das margens (DUDGEON, 1996). Cada espécie na natureza tem um nicho determinado, isso significa que um organismo no meio em que vive, é exigente em relação à qualidade física, química e estrutural do ambiente. As espécies e as comunidades podem responder a diferentes alterações nos recursos

alimentares ou alterações nas variáveis ambientais como a velocidade da água, condutividade, temperatura, oxigênio e outras substâncias dissolvidas (ANDRADE, 2009).

O Estado de Santa Catarina é composto por dez regiões hidrográficas RH 1 - Extremo Oeste, RH 2 - Meio Oeste, RH 3 - Vale do Rio do Peixe, RH 4 - Planalto de Lages, RH 5 - Planalto de Canoinhas, RH 6 - Baixada Norte, RH 7 - Vale do Itajaí, RH 8 - Litoral Centro, RH 9 - Sul Catarinense e RH 10 - Extremo Sul Catarinense, sendo a bacia do Rio Canoas localizada na região RH-4,a maior em extensão no Estado, e envolve 28 municípios catarinenses (COMITÊ DO RIO CANOAS, 2014).

Segundo a SDM (1997), as principais fontes poluidoras da região RH-4 são os esgotos urbanos, os despejos industriais e o assoreamento (devido ao desmatamento e manejo inadequado do solo). O Rio Canoas, à jusante da cidade de Otacílio Costa e o Rio Caveiras, apresentam a qualidade da água bastante comprometida (FATMA, 2007). A poluição nestes trechos é produzida pelo processamento intensivo de celulose e seus derivados, por indústrias de grande porte.

De acordo com levantamentos da FATMA, os principais problemas ambientais na região como um todo são a destinação inadequada de lixo domésticos e hospitalares, abatedouros clandestinos, despejos de fábrica de polpa de celulose e postos de lavação.

No estado de Santa Catarina, pesquisas visando determinar a ocorrência e a identificação de macroinvertebrados bentônicos em ecossistemas continentais são escassos, sendo a maioria dos estudos realizados em ambientes que tendiam mais para impactados do que para bem preservados, com o predomínio, na maior parte destes estudos, de táxons indicadores de ambientes em diferentes graus de interferência antrópica. Além disso, não se conhece nenhum trabalho de avaliação de macroinvertebrados bentônicos na região do Planalto Sul Catarinense, sendo a maior parte dos trabalhos realizados, situados na região litorânea e oeste do estado (MATOS et al., 2016).

8.1 ÍNDICE BMWP (Biological Monitoring Work Party Score System)

Na avaliação de impactos ambientais por meio de bioindicadores da qualidade da água tem-se utilizado índices qualitativos e/ou quantitativos que podem ou não atender as condições do estudo, haja visto que a diversidade de uma região é diferenciada pelo próprio hábitat local. Desta forma, é importante a tomada de decisão na escolha do índice adequado

afim de identificar a comunidade bentônica predominante, mediante à poluição no meio aquático.

O índice biótico BMWP é atualmente um dos mais populares. Este é um índice qualitativo, que considera apenas a presença/ausência de Famílias de macroinvertebrados bentônicos. A cada uma das Famílias discriminadas no índice, é atribuído um valor de 1 a 10, de acordo com seu grau de tolerância ou sensibilidade a poluentes orgânicos (sendo 1 o valor atribuído para os organismos mais tolerantes, e 10 o valor atribuído para os organismos mais sensíveis ao impacto). Assim, após a identificação dos táxons presentes numa amostra, dá-se o valor atribuído a todos os que constam no índice. No final, faz-se um somatório dos valores obtidos, e então se tem o valor final para o local amostrado, o qual corresponde ao seu nível de integridade e qualidade ambiental. Portanto, o BMWP é útil para se comparar locais com diferentes graus de integridade (SILVEIRA, 2004).

O índice BMWP apresenta praticidade e boa resposta e também a sua facilidade de implementação não requer identificações específicas, sendo relativamente rápida e pouco onerosa (LOYOLA, 2000). Para Silveira (2004) a aplicação do índice requer baixo conhecimento taxonômico, pois os organismos são identificados apenas ao nível de Família e fornece rápidas respostas para o gerenciamento de bacias hidrográficas.

Alba-Tecedor & Sanchez-Órtega (1988) fizeram adaptações deste índice para a Península Ibérica e para isso acrescentaram novas Famílias à tabela original, onde foram alteradas as pontuações atribuídas a algumas. Para diferenciar esta nova adaptação da antiga nomeou-se o Índice de BMWP'. No Brasil, o índice BMWP foi modificado e adaptado à fauna de Minas Gerais por Junqueira e colaboradores (2000) e para rios paranaenses por Loyola (2000), sendo amplamente utilizado pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná) em monitoramento de recursos hídricos do estado do Paraná (CARDOSO et al., 2014; GONÇALVES 2007).

Para que se faça o estudo de qualidade de água de uma região é necessário que se tenha um conjunto de parâmetros de base para comparação, de modo a se obter melhores resultados, uma vez que se verifica uma forte relação entre os parâmetros físico-químicos da água e a macrofauna biológica (LOYOLA; BRUNKOW, 1998; ANDRADE, 2009). Segundo Matos et al. (2016), estudos visando avaliar a qualidade das águas na Região Serrana de Santa Catarina são quase inexistentes.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade de macroinvertebrados bentônicos e sua relação com os parâmetros físico-químicos da água sob

diferentes influências antrópicas, além da sua utilização como indicadora da qualidade das águas na Bacia do Rio Canoas, SC.

9 MATERIAIS E MÉTODOS

9.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Bacia do Rio Canoas conforme descrito nos itens 4.1 e 4.3 do capítulo 1 deste trabalho.

9.2 COLETA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

A metodologia seguiu o proposto por Silveira et al. (2004) com modificações; os organismos foram coletados com rede do tipo Surber de malha 250µm posicionada contra a correnteza de forma a possibilitar a coleta do sedimento no seu entorno em um esforço amostral de 1 minuto. Em cada ponto de coleta foram realizadas três amostras aleatórias coletadas principalmente em suas margens, sendo considerada para as análises dos dados cada ponto de coleta uma unidade amostral, totalizando 60 unidades amostrais realizada durante seis campanhas, em dez pontos georreferenciados. As amostras foram identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Toxicologia do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Campus de Lages, mantidas refrigeradas até o procedimento da triagem. Com o objetivo de facilitar a triagem, o sedimento foi lavado e peneirado em malha de 1 mm e 20 µm com água corrente. Em bandejas translúcidas os organismos foram pré-separados do sedimento e acondicionados em álcool a 70 %. Após a separação do material, estes foram identificados com o auxílio do estereomicroscópio e de chaves dicotômicas, contando o número de organismos encontrados em cada Táxon, baseando-se em chaves taxonômicas como: Manual de Identificação de Macroinvertebrados do Estado do Rio de Janeiro, editado pela Technical Books (MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2010), Costa et al. (2006), Pereira et al. (2007), Souza et al. (2007), Pinho (2008), Pes et al. (2005), Lecci & Froehlich (2007), Calor (2007), Mariano & Froehlich (2007), Segura et al. (2011).

Na Tabela 22 está representada a classificação de qualidade da água baseada nos valores encontrados pelo cálculo do índice biológico BMWP', que consiste em qualificar a população de macroinvertebrados bentônicos, quando possível, a nível de Família.

Tabela 22 - Classificação de qualidade da água e significado dos valores do *Biological Monitoring Work Party Score System*

Classe	Qualidade	Valor	Significado
I	Ótima	>150	Águas prístinas (muito limpas)
II	Boa	101 a 150	Águas não poluídas, sistema perceptivelmente não alterado
III	Aceitável	61 a 100	Evidentes efeitos moderados de poluição
IV	Duvidosa	36 a 60	Águas poluídas (sistemas alterados)
V	Crítica	16 a 35	Águas muito poluídas (sistemas muito alterados)
VI	Muito Crítica	<15	Água fortemente poluída (sistemas fortemente alterados)

Fonte: Alba-Tecedor & Sanchez-Órtega (1988), com modificações.

Para os parâmetros físico-químicos foram determinados *in loco* as variáveis pH (pHmetro K39-0014P), condutividade elétrica (condutímetro CD-850 Instruterm/Cienlab), oxigênio dissolvido (oxímetro OD 5519 Lutron) e turbidez (turbidímetro TB 1000p MS Tecnopon), utilizando-se os equipamentos portáteis e calibrados.

9.3 ANÁLISE DE DADOS

Os resultados foram submetidos, inicialmente, a uma análise descritiva para caracterizar as distribuições de frequência das variáveis estudadas. Determinaram-se os índices de diversidade de Shannon e de Simpson e a riqueza das espécies em cada ponto e, com base nestes índices, procedeu-se uma análise de agrupamento tomando-se como medida de similaridade a distância euclidiana e como algoritmo de aglomeração, o método do vizinho mais distante, antes deste procedimento os dados foram padronizados (média = 0 e variância = 1). Todas as análises foram conduzidas com o uso do software R (R Core Team, 2016).

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 OCORRÊNCIA E RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA BACIA DO RIO CANOAS, SC, NOS PERÍODOS DE DEZ/2014 A NOV/2015

Durante o período de estudo, em seis campanhas, identificou-se um total de 13.091 exemplares de macroinvertebrados bentônicos, distribuídos na região de nascente até a região da foz do Rio Canoas, em dez pontos georreferenciados.

No ponto CNUR1, foram identificados 1.712 exemplares, no ponto CNUR2 foram contabilizados 2.977 exemplares, no ponto CNOT3 foram 568 exemplares, no ponto CNCP4, um total de 1.143 exemplares, no ponto CVPA1 foram 1.732 exemplares, no ponto CVLA2, foram contabilizados 808 exemplares, em MASC1 um total de 842 exemplares, em MAFR2 foram 714 exemplares e nos pontos IFCN1 e SJCN1 foram 1.539 e 1.056 exemplares, respectivamente.

Durante os períodos de coletas, na primavera (DEZ/14), foram coletados 2.566 exemplares, no verão (FEV/15), 1.541 exemplares, no outono (ABR/15), 2.226 exemplares, no inverno (JUN/15), um total de 2.205 exemplares, no inverno (AGO/15), 3.245 exemplares e na primavera (NOV/15), 1.308 exemplares.

A Figura 3 mostra uma variação no número de indivíduos ao longo do período de Dezembro/2014 a Novembro/2015, apresentando maior número de indivíduos no ponto CNUR2, localizado no Rio Canoas, na jusante da cidade de Urubici. Este aumento foi observado em três períodos de coletas: FEV/15, ABR/15 e NOV/15.

As coletas nos períodos de FEV, ABR e NOV/15 foram realizadas em eventos de altas precipitações, onde os rios se encontraram cheios, alguns com águas barrentas devido a movimentação de sedimentos através da correnteza. É possível que o maior número de indivíduos estejam relacionados à temperaturas mais elevadas e ao aumento do teor de oxigênio.

Um outra característica relevante é o teor de oxigênio dissolvido e a concentração da matéria orgânica. Nestes períodos, houve a elevação da taxa de oxigênio no ponto CNUR2 com 8,3 mg L⁻¹ (FEV/15); 10,3 mg L⁻¹ (ABR/15) e 8,1 mg L⁻¹ (NOV/15), favorecendo boas condições aos organismos sensíveis (Tabela 8, Capítulo I).

Outro fato marcante, na Figura 3 observa-se no período de NOV/15, no geral o número de indivíduos foram menores quando comparados com os demais períodos, com a exceção do ponto CNUR2. Provavelmente pode estar havendo efeito adverso à biota com relação a concentração de elementos-traço no meio, já que observa-se, principalmente nos pontos de região da foz (IFCN1 e SJCN1), concentrações de cobre em todos os períodos de coleta acima do Nível I (limiar abaixo do qual não se observa efeito adverso à biota) pela resolução 454/12, sendo observadas concentrações maiores no mês de NOV/15 (Tabela 15 no

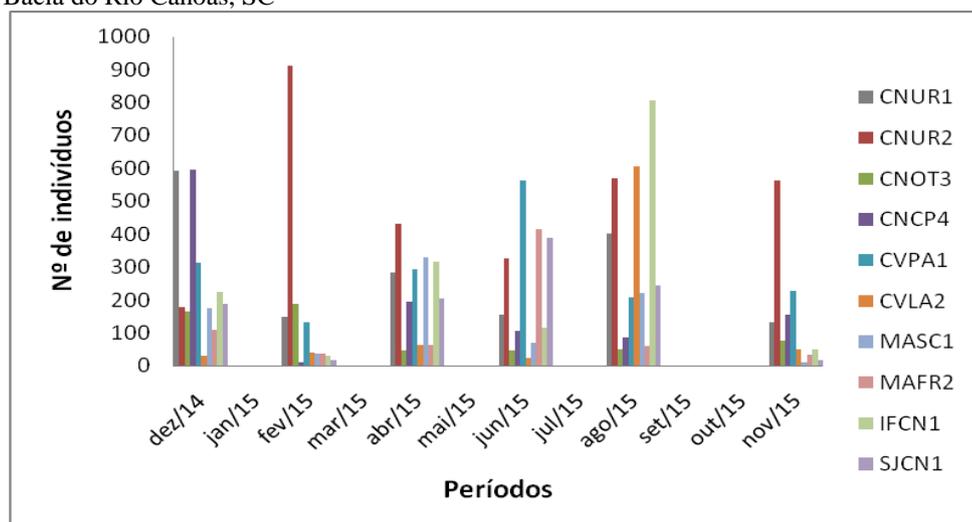
Capítulo I). Para os metais Cromo e Zinco, também é possível observar concentrações acima do Nível I, embora a resolução CONAMA 454/12 não estabeleça valores limite na concentração de Co em sedimento, o que dificulta a compreensão dos riscos que este elemento químico pode representar à biota, visto que, as concentrações maiores deste elemento foram quantificadas no mês de NOV/15 nos pontos IFCN1 e SJCN1.

Kikuchi; Uieda (2005) verificaram que a maior densidade e riqueza de espécies de invertebrados aquáticos, provavelmente estiveram ligadas ao fator alimentar e à corrente, pois no período seco os organismos não são facilmente removidos pela corrente de água, cuja velocidade é elevada no período chuvoso.

Callisto & Moreno (2004) argumentam que, durante o período de fortes chuvas, ocorre o carreamento da biota bentônica e parte do material orgânico encontrado no fundo dos rios altera a riqueza, a diversidade e o número de indivíduos da comunidade de insetos bentônicos. De acordo com Bispo; Oliveira (1998), em trabalho realizado em córregos de Cerrado no Parque Ecológico de Goiânia, o aumento do fluxo do rio acarreta um grande transporte de indivíduos rio abaixo.

Andrade (2009) em seu estudo, discute que a grande quantidade de organismos coletados no período de estiagem se deve à menor precipitação nessa época do ano, com uma possível diminuição da velocidade de corrente e vazão.

Figura 3 - Flutuação populacional de macroinvertebrados bentônicos nos períodos de DEZ/2014 a NOV/2015 na Bacia do Rio Canoas, SC



CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017).

Os processos de transporte de energia e ciclagem de matéria são bastante influenciados pelas condições de fluxo do rio. Determinados trechos do rio são abertos tanto à matéria como à energia. Assim, os processos que operam dentro de um trecho em particular são influenciados pela entrada de biomassa produzida à montante e, também nas margens, com a erosão e a entrada de matéria orgânica; o canal principal do rio, por sua vez, produz biomassa que é exportada para trechos à jusante e, com as enchentes, para as margens (SILVEIRA, 2004).

Na Tabela 23 estão representados os números de indivíduos coletados em dez pontos na Bacia do Rio Canoas. Observa-se do total maior ocorrência de organismos tolerantes à poluição da Família Hydrobiidae, sendo contabilizado maior número de indivíduos na região de nascente nos pontos CNUR1(P1) e CNUR2 (P2).

No grupo dos organismos resistentes e tolerantes foram contabilizados Chironomidae, Hirudinida e Oligochaeta em todos os pontos de coleta, sendo estes indicativos de má qualidade das águas e entre os organismos sensíveis, as ordens Ephemeroptera e Trichoptera apresentaram maior ocorrência no ponto CVPA1 (P5) e Trichoptera no ponto CNUR1 (P1) (Tabela 23).

Tabela 23 - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados em dez pontos na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/14 a NOV/15 (Continua)

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
Nematomorpha											
Nematoda			1								1
Malacostraca											
Amphipoda											
Hyalellidae			2	95	15	19		1	1		133
Decapoda											0
Aeglidae	12	3	2	18	25	0	16	1	14	6	97
Gastropoda											
Ampularidae		98								1	99
Planorbidae	2			2							4
Sorbeoconcha											
Hydrobiidae	891	886	22	276	167		293	74	754	39	3402
Bivalvia	2	42	18	50	6		5	22	60	223	428
Insecta											
Coleoptera											
Psephenidae	103	9		1	30	0	11	2		1	157
Staphilinidae										1	1
Curculionidae						1					1
Lutrochidae			2			1		1			4

Tabela 23 - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados em dez pontos na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/14 a NOV/15 (Conclusão).

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
Coenagrionidae	4	2	2	5	2		9	2	1	7	34
Corixidae	10					13	1			1	25
Megapodagrionidae				1			6	9	2	1	19
Dicteriadidae							1				1
Libellulidae	5	6	16	16	19		12	8	20	8	110
Perilestidae								2	1		3
Gomphidae	2	1	3	1	1		1	15	2	4	30
Corduliidae		1								3	4
Protoneuridae									3		3
Calopterygidae	5	2			2		1		17		27
Trichoptera											0
Calamoceratidae	10	15					15	45	6	3	94
Hydrobiosidae		3									3
Leptoceridae	18	322	10		106		54	17	17	7	551
Helicopsychidae	43	23		7	102		43	26			244
Policentropodidae	3	8	1		4		3				19
Hidroptilidae	12	11	2		11		3		6		45
Glossosomatidae	2	2			117						121
Philopotamidae	1										1
Hydropsychidae	1	12			1		5	2	3		24
Plecoptera											
Gripopterygidae	57	90	2		41		7		181	1	379
Perlidae	9	1	1		5		5	1			22
Cheliceratta											
Acari	2	8			7	1	6	4	5	3	36
Entognatha											
Collembola				19		1	1		6	1	28
Hirudinida	2	80	9	14	6	10	1	3	9	34	168
Oligochaeta	35	340	348	211	121	271	102	65	71	77	1641
Total	1712	2977	568	1143	1732	808	842	714	1539	1056	13091

P1-CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; P2-CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; P3-CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; P4-CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; P5-CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; P6-CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; P7-MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; P8-MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; P9-IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; P10-SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017).

Na Tabela 24 estão representados os índices de Diversidade Shannon-Wiener, Simpson e a riqueza, encontradas nos pontos amostrais na Bacia do Rio Canoas, no estado de Santa Catarina.

Observa-se (Tabela 24) diversidade similar nos pontos CNUR1 e CNUR2, havendo uma baixa diversidade no ponto CNOT3 e alta diversidade no ponto CNCP4, no Rio Canoas.

Essa discrepância no ponto CNCP4 não é comum, já que o ponto em estudo se encontra na proximidade de área industrial e a jusante de cidades que não apresentam estações de tratamento de esgoto. Este comportamento provavelmente deve ter tido a influência de um riacho afluente que deságua neste ponto, e que provavelmente contribuiu para o aumento da taxa de oxigênio no local e a conseqüente elevação da diversidade. Os demais pontos estudados apresentaram diversidade coerente com as condições estabelecidas do local.

As maiores diversidades foram encontradas à montante das cidades, nos pontos CVPA1, MASC1 e IFCN1 e baixa diversidade nos pontos à jusante (VCLA2, MAFR2 e SJCNI) que por sua vez apresentam proximidade de área industrial e uso intenso de monocultura.

Segundo Goulart e Callisto (2003) a distribuição e diversidade de macroinvertebrados são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, presença e extensão de mata ciliar, e indiretamente afetadas por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária.

A maior riqueza foi encontrada no ponto CNUR1, seguida do ponto IFCN. A menor riqueza foi encontrada no ponto CVLA2, sendo este o ponto local contabilizado com menor número de táxons em relação aos demais pontos (Tabela 24).

Tabela 24 - Valores dos índices de Diversidade Shannon-Wiener, Diversidade de Simpson e riqueza encontradas nos pontos amostrais na Bacia do Rio Canoas, SC

Pontos de coleta	Índice Shannon	Índice Simpson	Riqueza
CNUR1	2,10	0,71	48
CNUR2	2,17	0,82	39
CNOT3	1,54	0,59	27
CNCP4	2,12	0,84	28
CVPA1	2,69	0,91	35
CVLA2	1,04	0,54	18
MASC1	2,31	0,82	39
MAFR2	1,92	0,71	28
IFCN1	1,91	0,72	41
SJCNI	1,62	0,66	30

CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCNI-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017).

Ciofi et al. (2013) concluiu em seu trabalho que houve maior riqueza taxonômica e abundância em pontos que apresentavam substrato barroso e presença de vegetação aquática.

Enquanto que os menores valores tiveram relação com o substrato arenoso e sem vegetação aquática.

No ponto CNUR1 e IFCN1, as classes texturais registradas foram Arenoso Franco e Argiloso Siltoso, respectivamente, enquanto o ponto CVLA2 apresentou classe textural Franco Siltoso (Tabela 10, Capítulo I), ou seja, o decréscimo na riqueza do ponto CVLA2 pode não estar relacionada às condições do substrato, e sim a deposição de material orgânico, como o uso constante de despejo de esgoto doméstico bruto, tornando as condições da qualidade da água habitável ao grupo de organismos resistentes e tolerantes à poluição.

Numa altura de 2 cm (Figura 4) observa-se quatro grupos de maior similaridade, entre eles se destacam: CNOT3 e SJCN1; CNUR1 e IFCN1; CNCP4 e MAFR2; CNUR2 e MASC1.

Os pontos CNOT3 e SJCN1 apresentaram baixa similaridade com o ponto CVLA2, sendo estes distanciados dos demais pontos de estudo por apresentar menor número de indivíduos sensíveis, ou seja, identificadas como áreas mais impactadas. O ponto CNOT3 sofre a influência da indústria de papel e celulose e do despejo de esgoto doméstico, enquanto que as atividades agrícolas afetam o ponto SJCN1, já o ponto CVLA2 sofre a ação do despejo de esgoto doméstico.

Figura 4 - Gráfico de agrupamento dos macroinvertebrados bentônicos nos ambientes estudados entre os meses de DEZ/2014 a NOV/2015



CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017).

Os pontos CNUR2 e MASC1 apresentaram alta similaridade entre si e baixa semelhança com o ponto CVPA1 (Figura 5). Nestes pontos foram contabilizados maiores quantidades de indivíduos da Ordem Trichoptera, seguido de Ephemeroptera e Plecoptera, sendo o ponto CVPA1 de maior ocorrência. Para mais detalhes observar a Tabela 23.

De modo geral, o Rio Canoas e seus afluentes representam a realidade de diversos rios do Brasil que recebem esgoto doméstico e industrial através de atividades antrópicas, assim como sofre a lixiviação de contaminantes provenientes de fertilizantes orgânicos e minerais.

A falta de políticas de regularização nas áreas irregulares torna os recursos hídricos e os ecossistemas aquáticos frágeis a diversas situações. Assim, a presença de Chironomidae contabilizada em vários pontos de maior abundância e a redução na quantidade de organismos de ambientes limpos como Trichoptera, Ephemeroptera e Plecoptera reforça o comprometimento da qualidade da água.

10.2 ÍNDICE BMWP'

Na aplicação do índice BMWP' em todos os períodos de coleta, exceto no outono, o ponto CVLA2, no Rio Caveiras, localizado na Jusante da cidade de Lages, apresentou a qualidade das águas classificada como muito crítica. O Rio Caveiras tem como afluente o Rio Carahá, este por sua vez vem sofrendo ações antrópicas com o despejo de esgoto doméstico bruto.

Esta realidade é confirmada por Cardoso et al. (2014) em seu trabalho sobre o monitoramento da qualidade da água do Rio Carahá na cidade de Lages-SC, através de parâmetros biológicos e físico-químicos, onde os autores relatam que durante o trajeto do Rio Carahá, que corta a cidade de Lages, é possível visualizar canalizações com despejo de esgoto. Os resultados relatados pelos autores mostraram alta carga orgânica em todos os pontos do estudo a partir da nascente, provavelmente devido a despejos diretos de esgoto doméstico em seu curso. Embora impactado, observou-se uma leve tentativa do rio restabelecer seu equilíbrio entre a primavera e o verão em 2014.

Durante as coletas no ponto CVLA2, constatou-se a presença de mau odor, abundância de resíduos, lixo nas margens e de plantas aquáticas indicadoras de eutrofização. Segundo a CETESB (2009), num corpo d'água eutrofizado, o crescimento excessivo de algas pode "mascarar" a avaliação do grau de poluição da água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido.

Neste aspecto, as águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração desse gás (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até um pouco abaixo da concentração de saturação.

O ponto CVLA2, apresentou a menor concentração de oxigênio dissolvido ($6,2 \text{ mg L}^{-1}$) em relação aos demais pontos, com um aumento ocorrendo apenas durante o período do inverno, quando as baixas temperaturas favorecem a sua entrada nas águas, visto na Tabela 8 do Capítulo I. O fornecimento adequado de oxigênio dissolvido é essencial para manutenção nos processos de recuperações dos corpos hídricos e também para a sobrevivência das espécies consideradas sensíveis tais como Plecoptera, Trichoptera e Ephemeroptera.

Na Figura 5a observa-se maior ocorrência de águas consideradas como de qualidade aceitável, porém nos pontos a jusante das cidades, a qualidade dessas águas estiveram entre duvidosa (MAFR2 e SJCN1), crítica (CNUR2) e muito crítica (CVLA2).

Os pontos MAFR2 e SJCN1 apresentaram taxa de oxigênio aproximada ($7,3$ e $7,4 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente), porém a menor taxa de oxigênio foi encontrada no ponto CVLA2 ($6,2 \text{ mg L}^{-1}$). Desta forma, o comportamento na qualidade das águas nos pontos em questão, podem estar associada com a taxa de oxigênio e outros fatores na presença de contaminantes.

O ponto CNUR2 apresentou taxa de oxigênio $8,3 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela 8; Capítulo I), porém o fator predominante no decréscimo da qualidade da água possivelmente pode estar relacionada a influência na presença de elementos-traço, visto que o teor de Cobre neste ponto excedeu o nível I permitido pelo CONAMA 454/12 (Tabela 15, Capítulo I).

Na Figura 5b observa-se no verão, que os afluentes situados no baixo da Bacia do Rio Canoas apresentaram qualidade das águas considerada crítica, havendo ocorrência duvidosa no ponto CNOT3 e muito crítica no ponto CVLA2. Na identificação dos táxons avaliados nestes pontos, não foram contabilizados organismos sensíveis neste período, exceto o ponto MASC1, sendo identificado duas Famílias da Ordem Trichoptera (Calamoceratidae e Leptoceridae).

Neste período, os rios se encontravam cheios e barrentos com fortes correntezas, nestas condições, podem favorecer a fuga dos organismos mais sensíveis. Outro fato marcante no período do verão, as temperaturas são mais altas e a taxa de oxigênio tende a decrescer levando a diminuição na quantidade de organismos sensíveis. Entretanto, no inverno ocorre o inverso, onde as baixas temperaturas favorecem o aumento de oxigênio ocasionando a elevação no número de organismos do grupo sensíveis. Neste estudo, os pontos que

representaram baixa qualidade da água na Figura 5b, apresentaram a taxa de oxigênio dissolvido variando de 7,0 a 7,9 mg L⁻¹ (Tabela 8 do Capítulo I).

As altas precipitações ocorrida no período do verão podem favorecer a lixiviação de contaminantes, entre eles os elementos-traço, que são oriundos da urbanização, atividades agrícolas, indústrias e áreas de mineração, sendo direcionados sobre os corpos hídricos.

Os pontos CNOT3 e CNCP3 estão situados nas proximidades de indústrias de papel e celulose e área de mineração, enquanto os pontos localizados no baixo da Bacia do Rio Canoas apresentam proximidade de áreas de cultivos anuais intensificados pela cultura da soja, trigo e milho. Já o ponto CVLA2 vem sofrendo a influência do esgoto doméstico e efluentes da indústria alimentícia situado na proximidade do ponto. Neste período de coleta, o Rio Caveiras, na cidade Lages (CVLA2) sofreu alterações na construção de canais de drenagens construída sobre as margens do rio.

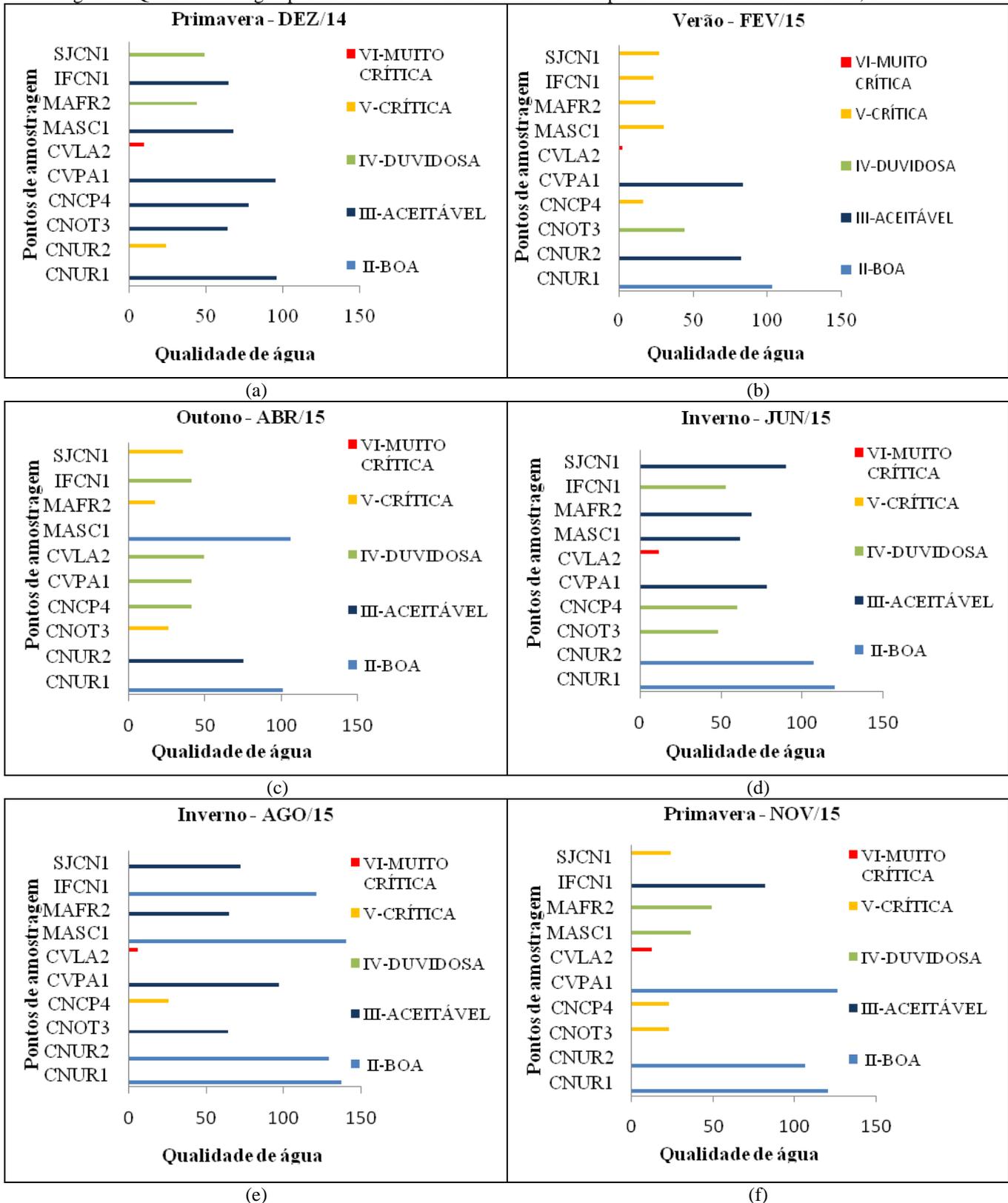
De acordo com Kikuchi; Uieda (1998), o arrasto provocado pelas grandes descargas de água dificulta a permanência dos invertebrados no período chuvoso, devido à revirada do substrato. Em épocas de grandes vazões as pedras no fundo do rio são revolvidas, deslocando a fauna. A forte correnteza, que provoca grandes vazões, remove a fauna local, mas esta se estabelece novamente em pouco tempo.

Para Paiva (2004), a temperatura é um fator que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos na água, pois os organismos que ali vivem são adaptados a uma determinada faixa de temperatura.

Na Figura 5c observa-se a qualidade da água boa e aceitável nos pontos mais próximos da nascente do Rio Canoas (CNUR1 e CNUR2) e qualidade da água classificada como boa na montante do Rio Marombas, na cidade de São Cristóvão do Sul. Nos demais pontos de amostragem as águas foram classificadas entre duvidosas e críticas.

Os pontos que se encontram na região de nascente tiveram taxa de oxigênio elevada, compreendendo uma faixa de 9,3 – 10,3 mg L⁻¹ (Tabela 8, Capítulo I), quando comparados com os demais pontos, ou seja, com o aumento da concentração de oxigênio na água torna-se o ambiente favorável aos processos de recuperação do sistema aquático e o surgimento de organismos sensíveis.

Figura 5- Qualidade de água por meio do índice BMWP' em seis campanhas na Bacia do Rio Canoas, SC



CNUR1-Rio Canoas/Urubici/Ponto 1; CNUR2-Rio Canoas/Urubici/Ponto 2; CNOT3-Rio Canoas/Otacílio Costa/Ponto 3; CNCP4-Rio Canoas/Correia Pinto/Ponto 4; CVPA1-Rio Caveira/Painel/Ponto 1; CVLA2-Rio Caveira/Lages/Ponto 2; MASC1-Rio Marombas/São Cristóvão do Sul/Ponto 1; MAFR2-Rio Marombas/Frei Rogério/Ponto 2; IFCN1- Rio Inferno Grande/Campos Novos/Ponto 1; SJCN1-Rio São João/Campos Novos/Ponto 1.

Fonte: Próprio autor (2017).

Nos pontos CNOT3, CVPA1, MAFR2 e IFCN1 houve variação na taxa de oxigênio compreendendo nestes pontos, concentrações de 8,4 a 9,0 mg L⁻¹ (Tabela 8 do Capítulo I), porém houve um decréscimo na população de organismos sensíveis e a predominância de organismos de má qualidade das águas.

Nos pontos CNOT3, MAFR2 e IFCN1 não foram contabilizados organismos sensíveis no período de ABRI/15, já o ponto CVPA1 foram identificados organismos da Ordem Ephemeroptera e Plecoptera (Tabela 23). Este decréscimo pode estar relacionado com o excesso de chuvas no período de ABR/15 ocorrido dias anteriores as coletas.

No período de ABR/15, foi registrado no ponto CNOT3 50 % de organismos resistentes da Classe Oligochaeta, 68 % da Família Hydrobiidae no ponto MAFR2 e 46 % de exemplares da Classe Bivalve no ponto SJCN1, sendo estes indicadores de má qualidade das águas, para mais detalhes nos Anexos D, H e K.

No início do inverno (JUN/15) a qualidade da água em alguns pontos de montante e jusante de cidades classificaram-se como boa e aceitável, exceto a jusante do Rio Caveiras (CVLA2), apresentando a qualidade da água como crítica (Figura 5d). Entretanto, no período posterior ao Inverno (AGO/15), observa-se a qualidade da água em todos os pontos classificadas como boa e aceitável, exceto nos pontos CNCP4, no Rio Canoas, localizado na cidade de Correia Pinto e CVLA2, no Rio Caveiras, na cidade de Lages. Para estes pontos a qualidade das águas foram classificadas como crítica e muito crítica, respectivamente.

A maior ocorrência de águas classificadas como boa e aceitável, quanto a sua qualidade, aconteceu no mês de AGO/15. No período de inverno a diminuição da temperatura das águas proporciona o aumento da taxa de oxigênio, favorecendo o surgimento de espécies sensíveis. Os pontos que se encontraram na classificação duvidosa, na Figura 5d, tiveram um período de recuperação estabelecido nos pontos IFCN1 e CNOT3, como pode ser observado na Figura 5e, onde a qualidade da água classificada como duvidosa, passou a aceitável e boa, respectivamente. Os dois pontos, crítico (Figura 5e) e muito crítico (Figura 5d), provavelmente continuam recebendo carga constante de poluentes.

Como esperado, os pontos CNUR1 e CNUR2, localizado no alto da bacia, apresentaram os melhores índices de qualidade da água. O oxigênio dissolvido apresentou-se bem acima do limite mínimo de 5 mg L⁻¹ estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/05, para rios de Classe 1 (BRASIL, 2005).

Na Figura 5f, observa-se que os pontos CNOT3, CNCP4, CVLA2 e SJCNI apresentaram a qualidade das águas como crítica e muito crítica. Este comportamento pode estar associado as atividades antrópicas situadas na proximidade dos pontos. Os pontos CNOT3 e CNCP4 podem estar sofrendo a influência das indústrias de papel e celulose e a área de mineração de bauxita, além dos despejos de esgoto não tratado nas cidades próximas.

O ponto CVLA2 vem sofrendo com a deposição de esgoto doméstico, efluentes da indústria alimentícia e efluentes das estações de tratamento de água na geração de sulfato de alumínio. Já o ponto SJCNI, sofre pressões das atividades agrícolas que utilizam dejetos líquidos suínos como fertilizantes orgânicos.

De acordo com dados levantados pela FATMA (2007), os principais problemas ambientais na região Serrana, como um todo, são a destinação inadequada de lixos domésticos e hospitalares, abatedouros clandestinos, despejos de fábrica de polpa de celulose e postos de lavação.

Para Rafaeli Neto et al. (2013), estima-se que a qualidade das águas na bacia hidrográfica do Rio Caveiras esteja mais comprometida num trecho de 70 km, que começa com o ponto de captação de água que abastece a cidade de Lages. O rio Caveiras recebe os efluentes industriais de uma cervejaria e efluentes urbanos de Lages, principalmente através dos Rios Ponte Grande (24km²) e Carahá (30km²) (RAFAELI NETO, 1994).

A qualidade da água no ponto CVPA1, no Rio Caveiras, na cidade de Painei, apresentou comportamento semelhante aos pontos CNUR1 e CNUR2, sendo estes os mais próximos a região da nascente. O ponto IFCN1, embora situado nas proximidades de áreas com intensa monocultura, apresentou melhorias na qualidade da água durante este período, enquadrando-se dentro da Classe aceitável. Este comportamento também foi esperado na primavera (DEZ/14), sendo que a taxa de oxigênio foi maior também na primavera (NOV/15), dados apresentados no Capítulo I, da Tabela 8.

De modo geral, os pontos CNUR1 e CNUR2, localizados no alto da bacia, apresentaram os melhores índices de qualidade da água, conforme o esperado. No ponto CVPA1, a qualidade da água no Rio Caveiras, na cidade de Painei, apresentou comportamento semelhante aos pontos CNUR1 e CNUR2, sendo estes mais próximos da região da nascente. À sua jusante, no ponto CVLA2, a qualidade da água esteve comprometida em todos os períodos de coleta. Nos pontos (MASC1, MAFR2, IFCN1 e SJCNI), localizados no médio e baixo da Bacia do Rio Canoas, a tendência observada em

todas as estações foi a diminuição da qualidade das águas, no trajeto percorrido da nascente a foz.

12 CONCLUSÕES

As características físico-químicas da água tiveram influência sobre a população bentônica, além destas características, outros fatores como a presença de contaminantes, podem estar influenciando na população dos organismos presentes;

O Índice BMWP' na qualidade de água variou com o período em diferentes pontos de coleta, sendo registrada no verão maior ocorrência na qualidade da água classificada como crítica e no inverno (AGO/15) classificado como boa e aceitável;

Na Bacia do Rio Canoas o ponto CVLA2 apresentou a pior qualidade da água em todos os períodos sendo classificada como muito crítica;

A flutuação populacional de macroinvertebrados bentônicos no ponto CNUR2 apresentou maior número de indivíduos em três períodos, sendo registrada maior ocorrência em FEV/15;

Houve maior diversidade em todos os pontos localizados à montante de cidades, exceto o ponto CNCP4; e a menor riqueza no ponto CVLA2;

No dendrograma foi encontrada maior similaridade entre vários pontos, sendo o ponto CVLA2 o mais afastado no número de semelhança de táxons em relação aos demais.

13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, o alto, médio e baixo da Bacia do Rio Canoas vem sofrendo pressões antrópicas que colocam em risco a qualidade das águas e dos ecossistemas aquáticos, conforme constatou-se por ocasião das coletas bimestrais; foram observadas mudanças no ambiente e eventos casuais, que contribuíam de forma direta e/ou indireta na contaminação dos corpos hídricos.

As atividades antrópicas na Bacia do Rio Canoas apresentaram aumento nas concentrações de elementos-traço em sedimento de fundo, margem e solo, provenientes das atividades agrícolas e do esgoto doméstico bruto em maior grau, que recaem diretamente sobre os rios. Embora a quantificação de substâncias químicas na água esteja abaixo do limite de detecção instrumental, este fato pode ser verificado nas alterações observadas na comunidade bentônica por meio do Índice BMWP'.

O aumento nas concentrações de Cr, Cu e Zn no sedimento de fundo (NOV/15), pode ter sido um dos fatores que influenciou na população de macroinvertebrados bentônicos, classificando a água do Rio São João como de qualidade crítica, ressaltando que o meio aquático apresenta uma complexidade envolvida por outros tipos de contaminantes, que conjuntamente com os metais favorecem os impactos ambientais.

Os pontos situados no baixo da Bacia do Rio Canoas, no período do verão/15, apresentaram maior comprometimento na qualidade da água, classificando-a como crítica pelo índice BMWP'. Este comportamento pode estar associado ao aumento dos teores de cobre neste período, que ocasionou a diminuição do grupo de organismos sensíveis e estabeleceu novas alterações no corpo hídrico, com grupos resistentes e tolerantes à poluição. Neste período, os indivíduos de maior ocorrência foram da Família Hydrobiidae e Chironomidae.

A qualidade da água no Rio Caveiras durante todo o período de coleta apresentou maior ocorrência na classificação muito crítica. Conforme os elementos-traço avaliados em sedimento de fundo, somente Zn quantificado no Rio Caveiras excedeu o permitido pelo CONAMA 454/12 (NOV/15), ou seja, pode-se inferir que outros fatores além dos elementos-traço podem estar causando a mortandade de organismos indicadores de boa qualidade da água. Isto modifica a relação entre estes organismos e aqueles indicadores de má qualidade da água identificado pelo índice BMWP'. Portanto, se faz necessária a análise complementar, quantificando-se as concentrações de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, visto que o Rio Caveiras sofre grande influência na deposição de esgoto doméstico bruto e efluente de indústria alimentícia.

Diante do exposto, este estudo, conduzido em nível exploratório-descritivo, foi importante para a caracterização da água, sedimento de fundo, margem e solo e a utilização de bioindicadores na qualidade da água na Bacia do Rio Canoas. Sugere-se mais estudos a fim de estabelecer uma compreensão dinâmica sobre os impactos ambientais oriundos de atividades antrópicas na Bacia do Rio Canoas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas. Portal da qualidade das águas. 2017. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.

Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn1> Acesso em: 06 jan. 2017.

BAGLIANO, R. V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade* vol.2, n.1, p. 1-17, 2012.

ALBA-TERCEDOR, J.; SANCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simples para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4:51-56, 1988.

ANDRADE, C. C. **Macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade de água da Bacia do alto Jacaré-Guaçu (SP)**. 2009. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Departamento do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos- São Carlos-SP. 2009.

BARROS, F.M; ROCHA, F.A.; FRAGA, M.S.; GENEROSO, T. N.; MELO, A. R. B. variação da turbidez em pontos distintos de um perfil transversal do rio Catolé-BA sob diferentes níveis de vazão. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.5, n.12, 2011.

BATTISTONI, D.; FAVASSA, C. T. A.; TRIQUES, R.; BARP, E. A.; RODRIGUES, G. G. Composição faunística de macroinvertebrados bentônicos ocorrentes na parte baixa do rio Jacutinga, Concórdia, SC. *Ágora*, R. Divulg. Cient., Mafra, v.17, n.1, 2010.

BRASIL.RESOLUÇÃO CONAMA Nº 454, DE 01 DE NOVEMBRO de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.87 de maio de 2004. Seção 1, p.56-57.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53 de 18 de março de 2005. Seção 1, p.58-63.

BELADEL, B. et al. Trace elements determination in Algerian wheat by instrumental neutron activation analysis (INAA). **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 293, n. 2, p. 497-501, 2012.

- BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L. (Ed.). *Ecologia de Insetos Aquáticos. Series Oecologia Brasiliensis, Vol. V. PPGE – UFRJ. Rio de Janeiro, 1998. p.175-189.*
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-782, 2001.
- CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: FERRACINI V. L.; QUEIROZ S. C. N.; SILVEIRA M. P. *Bioindicadores de Qualidade da Água. 1. ed. Jaguariuna: EMBRAPA, v. 1, cap. 5, 2004.*
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Ver. **Acta Limnol. Bras.** V. 14, n.1, p. 91-98, 2002.
- CALOR, A. R. 2007. Trichoptera. . In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. FROEHLICH, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico> Acesso em: 08 jan. 2017.
- CARDOSO, J.T.; GIROTTO, S.B.F.T.; SPINELLI, V. A.; SKORONSKI, S. E.; TREVISAN, V.; BREM, B. C.; STRADIOTO NETO, E. A.; ZAMBELLI, N. L. N.; CORRÊA, A. Monitoramento da qualidade da água do Rio Carahá na Cidade de Lages-SC, através de parâmetros biológicos e físico-químicos. *Iniciação Científica, 2014.* Disponível em: <http://www.udesc.br/arquivos/id_submenu/1816/60josiane_teresinha_cardoso___sandy_bernardi_falcadi_tedesco_girotto.pdf>. Acesso em 06 nov. 2015.
- CARVALHO, L. B. **Influência da vazão afluyente do rio de contas sobre a qualidade da água do reservatório pedra, estado da Bahia, Brasil.** Universidade Federal Rural de Pernambuco (Dissertação de Mestrado). Recife, 2010.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo). *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série relatórios. 2009.*
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo). *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília; ANA, 2011.*

CIOFI, F. G.; PEREIRA, P. C.; COBRA, D. P.; NUNES, M. V. A Influência do tipo de sedimento e substrato na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v.9, n.3, 2013, p.150-161.

COMITÊ CANOAS, 2014. Notícias: Aprovado o projeto águas da serra – Monitoramento da qualidade e quantidade da água na bacia hidrográfica do rio Canoas. Disponível em: <http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br/sirhsc/noticia_visualizar.jsp?idNoticia=1606&idEmpresa=23>. Acesso em Dez, 2014.

COSTA, C.; Ide, S.; SIMONKA, C. E. (Ed.). Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. São Carlos; Holos, 2006.

CRANSTON, P. S. The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall.L.C.V. ed. p.1-7. 1995.

DORES, C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso—análise preliminar. **Quim. Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

DOUGHERTY, J. E.; MORGAN, M. D. Benthic community response (primarily *Chironomidae*) to nutrient enrichment and alkalization in shallow, soft water humic lakes. **Hydrobiologia**, v. 215. p. 73-82. 1991.

DUDGEON, D. Anthropogenic influences on Hong Kong streams. **Geo Journal**, v. 40, n. 1-2, p. 53-61, 1996.

EGLER, M. **Utilizando a comunidade de Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da degradação de ecossistemas de rios em áreas agrícolas**. 2002. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP) da Fundação Instituto Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro.

EMBRAPA – Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Lucília Maria Parron; Daphne Heloisa de Freitas Muniz; Claudia Mara Pereira. Embrapa Florestas, 2011.

FEEMA, RELATÓRIO. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIOAMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Angra dos Reis: Associação de moradores de Aventureiro**, 1980.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE- FATMA. Plano de Manejo do Parque Estadual Rio Canoas – Encarte 2. Análise Regional. 2007.

FRIBERG, N.; WINTERBOURN, M.J.; SHEARER, K.A., LARSEN, S.E. 1997. Benthic communities of forest streams in the South Island, New Zealand: effects of forest type and location. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v.138, n.3, p.289-306.

FRIBERG, L. et al. Airborne arsenic and urinary excretion of metabolites of inorganic arsenic among smelter workers. **International archives of occupational and environmental health**, v. 57, n. 2, p. 79-91, 1986.

GALDEAN, N., CALLISTO, M., BARBOSA, F.A.R. Lotic Ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health and Management**. v.3, 545-552. 2000

GOMES, DPP et al. Avaliação de indicadores físico-químicos em uma seção transversal do rio Catolé em diferentes épocas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 1093-1098, 2011.

GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. *In*: Guia on-line: Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, nº1. 2015.

GONÇALVES, F. B. **Análise Comparativa de índices Bióticos de Avaliação de Qualidade de Água, utilizando Macroinvertebrados, em um Rio Litorâneo do Estado do Paraná.** 2007. 52f. Dissertação (Mestre em Ecologia e Conservação) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

GOMES, D. P. P.; ROCHA, F. A.; BARROS, F. M.; AMORIM, J. S. Avaliação de indicadores físico-químicos em uma seção transversal do rio Catolé em diferentes épocas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; Pág. 1093, 2011.

GOMES, A.S., VANIN, A.M.S.P. Padrões de abundância, riqueza e diversidade de moluscos bivalves na plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil: uma comparação metodológica. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 717-725, 2003.

JUNQUEIRA, M. V.; Amarante, M.C.; Dias, C.F.S. e França, E.S. (2000), Biomonitoramento da qualidade das Águas do Alto Rio Velhas (MG/ BR) Através de Macroinvertebrados. **Acta Limnológica Brasileira**, v.12, 73-87.

KIKUSHI, R. M.; UIEDA, V. S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. 1998. In: Nessimian, J. L. & CARVALHO, A. L. (Ed). Ecologia de insetos aquáticos. Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ. V.5, p. 157-173.

LECCI, L. S. & FROEHLICH, C. G. 2007. Plecoptera. In: Guia on-line: Identificação de

larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. FROEHLICH, C.G. (org.). Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>> Acesso em: 08 jan. 2017.

LOYOLA, R. G. N. (2000), Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade. In- **Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação**. ACIESP, São Paulo, pp. 46-52.

LOYOLA, R. G. N.; BRUNKOW, R. F. 1998 Monitoramento da qualidade das águas de efluentes da margem esquerda do reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil, através da análise combinada de variáveis físico-químicas, bacteriológicas e de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. IAP, Curitiba, PR, 39 p. 1998.

MARX, Samuel K. et al. Unprecedented wind erosion and perturbation of surface geochemistry marks the Anthropocene in Australia. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 119, n. 1, p. 45-61, 2014.

MARIANO, R. & FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. 2007. FROEHLICH, C.G. (org.). Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>> Acesso em 08 jan. 2017.

MATOS, A. C. B.; CARDOSO, J. T.; MECABÔ, B. G. M.; STRADIOTO NETO, E. A.; ZAMBELLI, N. L. N. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos nas nascentes do rio Caveiras, Planalto Sul, SC. 2016.

MENDES, B. G.; BUDZIAK, D.; STOLBERG, J.; PEIXER, Z. I.; DALMARCO, J. B.; SIMIONATTO, E. L.; PEDROSA, R. C.; FELIPE, K. B.; OGAWA, J.; PEGORARO, C.; SCHEFFER, L.; BESEN, M. R.; OLIVEIRA, L. J. G. G.; GEREMIAS, R. Estudo da qualidade das águas do rio Marombas (SC/Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e Bioensaios. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.5, n.2, p. 43-58, 2011.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de Identificação de Macroinvertebrados do Estado do Rio de Janeiro. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 176 p.

RAFAELI NETO, S. L. Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

RAFAELI NETO, S. L. L.; BECEGATO, V. A.; CABRAL, J. B. Monitoramento da qualidade da água do rio Caveiras no Planalto Serrano de Santa Catarina com suporte de tecnologias de geomática. Bol. Goia. Geogr. (online). Goiânia, v.33, n.1, p.27-46. 2013.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

PALMA-SILVA, G.M. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí – SP**. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

PAIVA, A. B. **Avaliação de Risco Ambiental Utilizando Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos no Rio Canoas/SC**. 2004. 109f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC.2004.

PEREIRA, D. L. V. et al. Chaves de identificação para Famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia Central. *Neotropical Entomology* 36(2): 210-228 (2007).

PES, A. M. O.; HAMADA, N. & NESSIMIAN, J. L.. Chaves de identificação de larvas para Famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 49(2): 181-204, junho 2005.

PINHO, L. C. Díptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. 2008. FROEHLICH, C.G. (org.). Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>> Acesso em: 07 jan. 2017.

PORTO, F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S.J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R.L. (Org.). *Hidrologia ambiental*, São Paulo: EDUSP, 1991. p.375-390.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. FreshwaterBiomonitoringandBenthic Macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*. New York: Chapman & Hall, v. 12, n. 2, p. 220-222, 1993.

ROSA, R.; MOREIRA-SANTOS, M.; LOPES I.; SILVA, L.; REBOLA, J. MENDONÇA, E.; PICADO, A.; RIBEIRO, R. 2010. Comparison of a test battery for assessing the toxicity of a bleached-kraft pulp mill effluent before and after secondary treatment implementation. *Environmental monitoring Assessment*, v. 161, n. 1-4, p. 439-451.

SANTA CATARINA. 2003. Secretaria de Desenvolvimento Regional - Curitibanos: Caracterização Regional. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/diagnostico/CURITIBANOS.pdf>>. Acessoem: 23 maio 2011.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. de S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração doRibeirão do Meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 329 – 338, Jul/Set, 2008.

SECRETARIA DO ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE-SDM. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis:,1997.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO DE SANTA CATARINA - SEPLAN. Portaria n. 024/77.

SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F. E FONSECA-GESSNER, A. A. Chave de Famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* Jan/Mar 2011 vol. 11, no. 1. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn02711012011> ISSN 1676-0603>. Acesso em: 07 ago. 2015.

SELINUS, O. et al. Metal and arsenic distribution in soil particle sizes relevant to soil ingestion by children. ***Applied Geochemistry***, v. 21, n. 9, p. 1613-1624, 2006.

SILVEIRA, M.P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 68p. 2004.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M. & OLDRINI, B. B. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. 2007. FROEHLICH, C. G. (org.) Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online> Acesso em: 07 ago. 2016.

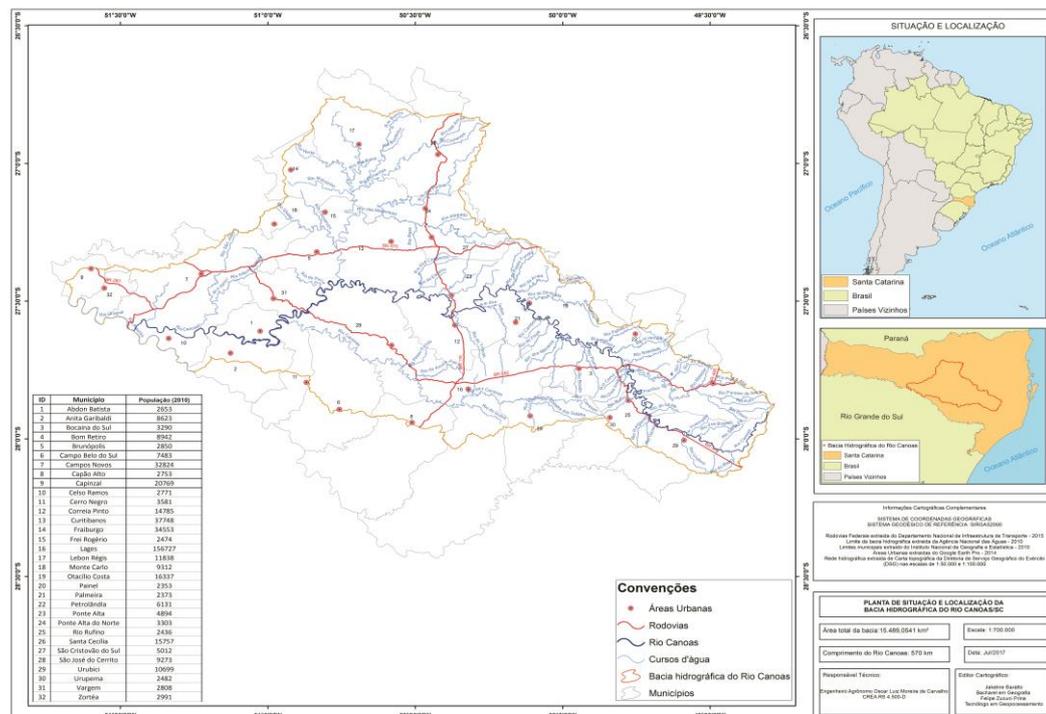
STANKO, J. P.; ANGUS, R. A. 2006. Paper manufacture and its impact on the aquatic environment. ***Reviews of Environmental Contamination and Toxicology***, v. 185, p. 67-92.

VON SPERLING, M. Parâmetros da qualidade da água. In: VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológicos de água residuárias, v. 1, 3ª ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 2005, p. 26-44.

WARREN, L. A.; HAACK, E. A. Biogeochemical controls on metal behaviour in freshwater environments. ***Earth-Science Reviews***, v. 54, n. 4, p. 261-320, 2001.

ANEXOS

Anexo A - Levantamento das cidades localizadas na bacia do rio Canoas no estado de Santa Catarina pela empresa PROCAMPO Ltda em 2017



Fonte: PROCAMPO Ltda (2017).

Anexo B - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNUR1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Hydrobiidae	434	73	160	43	160	21	891
Chironomidae	25	20	2	6	78	45	176
Psephenidae	19	18	3	24	35	4	103
Elmidae	22	6	12	2	15	4	61
Pleidae	37	3	0	0	15	3	58
Gripopterygidae	3	1	26	3	7	17	57
Helicopsychidae	17	5	3	2	16	0	43
Baetidae	0	0	19	5	16	0	40
Oligochaeta	4	9	4	2	8	8	35
Simuliidae	0	0	21	5	0	2	28
Tipulidae	6	1	3	0	8	0	18
Leptoceridae	0	1	2	3	11	1	18
Ochteridae	0	0	0	17	0	0	17
Ceratopogonidae	5	1	6	0	1	1	14
Blephariceridae	0	0	0	13	0	0	13
Aeglidae	7	0	0	3	1	1	12
Hydroptilidae	1	0	2	8	1	0	12
Athericidae	3	0	0	0	8	0	11

Anexo B - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNUR1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Conclusão)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Calamoceratidae	0	1	0	8	1	0	10
Corixidae	0	0	8	0	0	2	10
Perlidae	0	1	1	0	4	3	9
Leptohyphidae	0	0	0	1	3	3	7
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	6	6
Caenidae	0	1	1	0	3	0	5
Naucoridae	1	0	0	3	1	0	5
Noteridae	0	1	2	1	1	0	5
Pyrallidae	0	1	1	1	1	1	5
Corduliidae	0	0	3	2	0	0	5
Calopterygidae	0	0	1	1	3	0	5
Coenagrionidae	1	0	0	1	2	0	4
Polycentropodidae	0	0	1	0	2	0	3
Tabanidae	0	1	0	0	0	1	2
Planorbidae	2	0	0	0	0	0	2
Corydaliidae	2	0	0	0	0	0	2
Gomphidae	0	1	0	0	0	1	2
Acari	0	0	0	1	1	0	2
Hydrophilidae	0	0	0	1	0	1	2
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	2	2
Hirudinia	0	0	0	0	0	2	2
Hydropsychidae	1	0	0	0	0	0	1
Philopotamidae	1	0	0	0	0	0	1
Dryopidae	1	0	0	0	0	0	1
Bivalvia	0	1	1	0	0	0	1
Gyrinidae	0	1	0	0	0	0	1
Stratiomyidae	0	0	1	0	0	0	1
Dytiscidae	0	0	0	0	0	1	1
Psychodidae	0	0	0	0	0	1	1
Culicidae	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor (2017).

Anexo C - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNUR2 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Hydrobiidae	0	407	71	160	225	23	886
Chironomidae	32	238	16	25	53	384	748
Oligochaeta	0	119	168	5	43	5	340
Leptoceridae	0	80	33	74	116	19	322
Ampularidae	98	0	0	0	0	0	98
Gripopterygidae	0	0	0	2	30	58	88
Hirudinia	0	19	47	3	8	3	80
Elmidae	26	1	1	3	20	26	77
Tipulidae	0	0	57	0	0	0	57

Anexo C - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNUR2 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Conclusão)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Elmidae	0	1	1	3	20	26	51
Bivalvia	0	25	11	2	4	0	42
Leptohyphidae	1	0	0	15	8	8	32
Caenidae	6	3	1	0	11	11	32
Helicopsychidae	0	5	4	3	8	3	23
Calamoceratidae	0	7	0	0	8	0	15
Pyralidae	0	0	0	9	7	0	16
Baetidae	0	0	0	11	1	2	14
Hydropsychidae	0	0	0	5	1	6	12
Hydroptilidae	11	0	0	0	0	0	11
Ceratopogonidae	0	0	10	0	1	0	11
Psephenidae	3	1	0	1	3	1	9
Acari	2	0	0	1	0	5	8
Naucoridae	0	0	0	1	7	0	8
Polycentropodidae	0	0	0	0	8	0	8
Corduliidae	0	1	2	1	1	1	6
Tabanidae	0	0	4	0	0	0	4
Simuliidae	0	0	0	1	0	3	4
Hydrophilidae	0	0	3	0	0	0	3
Hydrobiosidae	0	0	0	3	0	0	3
Aeglidae	0	2	0	0	1	0	3
Calopterygidae	0	1	0	0	0	1	2
Glossosomatidae	0	0	0	0	2	0	2
Muscidae	0	0	2	0	0	0	2
Corydaliidae	0	0	0	1	1	0	2
Coenagrionidae	0	1	0	0	1	0	2
Dryopidae	0	0	1	0	0	0	1
Perlidae	0	0	0	1	0	0	1
Gomphidae	0	0	0	0	0	1	1
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	1	1
Libellulidae	0	0	1	0	0	0	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo D - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNOT3 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Oligochaeta	93	172	23	16	9	35	348
Chironomidae	37	4	0	3	16	28	88
Hydrobiidae	1	0	0	19	2	0	22
Tipulidae	0	0	17	0	0	0	17
Corduliidae	2	3	3	3	4	1	16
Bivalvia	15	1	0	0	0	2	18
Leptoceridae	1	1	0	0	8	0	10
Elmidae	4	3	1	0	1	0	9

Anexo D - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNOT3 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Conclusão)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Hirudínia	0	1	1	0	1	6	9
Ceratopogonidae	0	0	1	0	3	0	4
Gomphidae	1	1	0	0	1	0	3
Hyaellidae	0	0	0	1	1	0	2
Aeglidae	1	0	0	1	0	0	2
Hydroptilidae	2	0	0	0	0	0	2
Gripopterygidae	1	0	0	1	0	0	2
Coenagrionidae	0	0	0	1	0	1	2
Lutrochidae	1	1	0	0	0	0	2
Dytiscidae	0	0	0	0	0	2	2
Pyralidae	1	1	0	0	0	0	2
Dryopidae	1	0	0	0	0	0	1
Nematoda	0	1	0	0	0	0	1
Naucoridae	1	0	0	0	0	0	1
Noteridae	1	0	0	0	0	0	1
Gyrinidae	0	0	0	0	1	0	1
Perlidae	0	0	0	1	0	0	1
Caenidae	0	0	0	0	1	0	1
Polycentropodidae	0	0	0	0	1	0	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo E - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNCP4 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Hydrobiidae	9	0	145	54	50	18	276
Oligochaeta	95	6	16	19	17	58	211
Elmidae	200	0	0	0	1	0	201
Chironomidae	157	0	4	14	4	10	189
Hyaellidae	67	0	3	3	0	22	95
Bivalvia	38	0	3	1	6	2	50
Collembola	0	0	0	0	0	19	19
Aeglidae	8	0	0	0	2	8	18
Corduliidae	1	0	10	5	0	0	16
Hirudínia	0	0	0	1	3	10	14
Helicopsychidae	7	0	0	0	0	0	7
Tipulidae	2	1	3	1	0	0	7
Vellidae	2	0	2	3	0	0	7
Coenagrionidae	1	0	3	1	0	0	5
Noteridae	0	0	0	0	0	5	5
Belostomatidae	2	2	0	0	0	0	4
Dytiscidae	1	1	2	0	0	0	4
Ceratopogonidae	0	0	2	0	1	0	3
Pyralidae	1	1	0	0	0	0	2
Planorbidae	1	0	0	0	1	0	2
Corydaliidae	1	0	0	0	0	0	1

Anexo E - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CNCP4 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Conclusão)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Psephenidae	1	0	0	0	0	0	1
Hydrophilidae	1	0	0	0	0	0	1
Dryopidae	0	0	0	1	0	0	1
Gomphidae	0	0	0	1	0	0	1
Megapodagrionidae	0	0	0	1	0	0	1
Pleidae	0	0	0	0	0	1	1
Hychophylidae	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo F - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CVPA1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Chironomidae	83	31	13	77	59	31	294
Baetidae	0	2	89	151	0	22	264
Hydrobiidae	41	13	0	0	81	32	167
Naucoridae	1	2	145	0	0	0	148
Oligochaeta	72	9	0	9	15	16	121
Glossosomatidae	1	0	0	115	1	0	117
Leptoceridae	4	3	0	57	15	27	106
Helicopsychidae	10	27	0	33	7	25	102
Elmidae	46	9	1	28	9	16	109
Leptohyphidae	14	3	0	20	1	4	42
Gripopterygidae	0	1	1	33	3	3	41
Psephenidae	10	14	0	0	4	2	30
Simuliidae	0	0	0	28	0	0	28
Aegliidae	8	0	1	0	0	16	25
Corduliidae	0	0	15	0	3	1	19
Leptophlebiidae	3	5	0	0	0	9	17
Ceratopogonidae	5	1	1	0	0	5	12
Gerridae	0	0	12	0	0	0	12
Hydroptilidae	2	2	0	5	1	1	11
Pyralidae	7	1	0	0	0	1	9
Acari	1	2	1	1	0	2	7
Bivalvia	1	0	0	0	1	4	6
Hirudinia	1	0	0	0	3	2	6
Perlidae	0	0	0	2	1	2	5
Caenidae	0	4	0	0	1	0	5
Polycentropodidae	0	1	0	2	0	1	4
Coenagrionidae	1	0	0	0	0	1	2
Calopterygidae	0	0	0	0	0	2	2
Hydropsychidae	1	0	0	0	0	0	1
Tipulidae	0	0	0	0	1	0	1

Anexo F - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CVPA1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Conclusão)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Gomphidae	0	0	0	0	1	0	1
Pleidae	0	0	0	1	0	0	1
Chaoboridae	1	0	0	0	0	0	1
Notonectidae	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo G - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto CVLA2 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Chironomidae	15	38	1	8	400	2	464
Oligochaeta	12	0	9	8	199	43	271
Hyaellidae	0	0	15	3	0	1	19
Corixidae	0	0	9	4	0	0	13
Hirudinia	1	0	0	0	7	2	10
Pyralidae	0	0	7	0	0	0	7
Tipulidae	0	0	6	0	0	0	6
Notonectidae	0	0	5	0	0	0	5
Dytiscidae	0	0	2	1	0	0	3
Ceratopogonidae	1	0	1	0	0	0	2
Gerridae	0	0	1	0	0	0	1
Collembola	0	0	0	0	0	1	1
Tabanidae	0	0	1	0	0	0	1
Baetidae	0	0	1	0	0	0	1
Acari	0	0	1	0	0	0	1
Lutrochidae	0	0	1	0	0	0	1
Curculionidae	0	0	1	0	0	0	1
Mesoveliidae	0	0	1	0	0	0	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo H - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto MASC1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Hydrobiidae	34	31	156	25	46	1	293
Chironomidae	19	0	54	17	60	0	150
Oligochaeta	88	0	6	0	8	0	102
Leptoceridae	0	3	15	8	27	1	54
Elmidae	10	0	24	0	10	0	44
Helicopsychidae	1	0	28	1	13	0	43
Aeglidae	10	0	0	0	1	5	16
Calamoceratidae	1	1	0	1	12	0	15
Corduliidae	0	0	5	5	2	0	12
Psephenidae	0	2	6	0	3	0	11
Coenagrionidae	2	0	3	3	1	0	9
Leptohyphidae	0	0	1	5	2	0	8
Gripopterygidae	0	0	0	1	6	0	7
Ceratopogonidae	0	0	4	0	2	0	6
Acari	0	0	3	0	3	0	6
Megapodagrionidae	0	0	3	0	3	0	6
Hydropsychidae	0	0	3	0	2	0	5
Tabanidae	3	0	1	0	1	0	5
Bivalvia	1	0	4	0	0	0	5
Perlidae	0	0	3	0	1	1	5
Pleidae	0	0	0	1	3	0	4
Noteridae	0	0	2	1	1	0	4
Gerridae	0	0	0	0	3	0	3
Hydroptilidae	0	0	1	2	0	0	3
Baetidae	0	0	0	0	3	0	3
Caenidae	0	0	0	0	3	0	3
Polycentropodidae	0	0	3	0	0	0	3
Naucoridae	2	0	1	0	0	0	3
Tipulidae	0	0	1	0	0	1	2
Leptophlebiidae	0	0	0	0	2	0	2
Ochteridae	1	0	1	0	0	0	2
Gomphidae	1	0	0	0	0	0	1
Calopterygidae	1	0	0	0	0	0	1
Hirudínia	0	0	0	0	1	0	1
Hydrophilidae	1	0	0	0	0	0	1
Corixidae	0	0	1	0	0	0	1
Dicteriadidae	0	0	1	0	0	0	1
Collembola	0	0	0	0	1	0	1
Vellidae	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo I - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto MAFR2 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/2014 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Chironomidae	24	22	0	279	34	2	361
Hydrobiidae	9	0	44	11	3	7	74
Oligochaeta	32	4	3	16	4	6	65
Calamoceratidae	0	0	0	44	1	0	45
Helicopsychidae	26	0	0	0	0	0	26
Elmidae	3	3	1	11	2	5	25
Bivalvia	4	0	14	3	0	1	22
Leptoceridae	0	0	0	8	2	7	17
Caenidae	0	0	0	17	0	0	17
Gomphidae	0	0	1	9	5	0	15
Megapodagrionidae	0	0	0	8	1	0	9
Corduliidae	0	5	0	0	1	2	8
Gerridae	4	0	0	0	0	0	4
Acari	0	0	0	2	2	0	4
Hirudinia	2	0	0	1	0	0	3
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	2	2
Psephenidae	1	0	0	1	0	0	2
Coenagrionidae	0	0	0	2	0	0	2
Tabanidae	0	0	0	0	2	0	2
Ceratopogonidae	2	0	0	0	0	0	2
Corduliidae	0	0	0	0	0	2	2
Corduliidae	0	0	0	0	0	2	2
Perilestidae	0	0	1	1	0	0	2
Perilestidae	0	0	1	1	0	0	2
Hyalellidae	1	0	0	0	0	0	1
Lutrochidae	1	0	0	0	0	0	1
Aeglidae	0	0	0	0	0	1	1
Tipulidae	0	1	0	0	0	0	1
Notonectidae	0	1	0	0	0	0	1
Perlidae	0	0	0	0	0	1	1
Empididae	0	0	0	0	1	0	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo J - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto IFCN1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/14 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Hydrobiidae	37	0	249	70	391	7	754
Chironomidae	81	1	0	1	135	2	220
Gripopterygidae	3	0	0	0	158	20	181
Oligochaeta	58	2	1	5	5	0	71
Elmidae	4	2	11	5	40	4	66
Bivalvia	3	12	35	6	2	2	60
Vellidae	0	0	2	0	19	1	22
Corduliidae	0	0	9	10	1	0	20
Calopterygidae	3	0	3	5	5	1	17
Leptoceridae	1	0	2	7	6	1	17
Aeglidae	6	2	1	2	1	2	14
Hirudinia	3	0	2	2	1	1	9
Mesovellidae	9	0	0	0	0	0	9
Gyrinidae	0	6	1	0	0	0	7
Calamoceratidae	4	0	0	0	2	0	6
Scirtidae	0	0	0	0	6	0	6
Collembola	0	0	0	0	5	1	6
Hydroptilidae	6	0	0	0	0	0	6
Acari	0	0	0	0	5	0	5
Baetidae	0	0	0	0	4	0	4
Psychodidae	0	0	0	0	4	0	4
Noteridae	0	0	0	0	4	0	4
Caenidae	0	0	0	0	0	4	4
Hydropsychidae	0	0	0	0	3	0	3
Protoneuridae	3	0	0	0	0	0	3
Tabanidae	1	0	0	0	1	0	2
Tipulidae	0	2	0	0	0	0	2
Gomphidae	0	0	0	2	0	0	2
Hydrophilidae	0	0	0	0	2	0	2
Megapodagrionidae	0	0	0	0	1	1	2
Empididae	1	0	0	0	0	0	1
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	1	1
Culicidae	0	1	0	0	0	0	1
Perilestidae	0	0	1	0	0	0	1
Simuliidae	0	0	0	0	1	0	1
Leptohyphidae	0	0	0	0	0	1	1
Hyalellidae	0	0	0	0	1	0	1
Dryopidae	0	0	0	0	1	0	1
Dytiscidae	0	0	0	0	1	0	1
Pyralidae	0	0	0	0	1	0	1
Athericidae	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor (2017)

Anexo K - Número de indivíduos por táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto SJCN1 na Bacia do Rio Canoas, SC, no período de DEZ/14 a NOV/2015 (Continua)

Táxons	DEZ/14	FEV	ABR	JUN	AGO	NOV/15	Total
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	
Chironomidae	114	0	31	291	130	2	568
Bivalvia	34	0	95	26	68	0	223
Oligochaeta	11	1	43	17	4	1	77
Hydrobiidae	2	0	9	13	7	8	39
Hirudinia	11	0	9	8	6	0	34
Tabanidae	6	2	3	2	8	3	24
Elmidae	2	1	5	6	5	0	19
Tipulidae	0	3	7	0	0	0	10
Corduliidae	2	0	0	4	2	0	8
Coenagrionidae	0	0	0	1	5	1	7
Leptoceridae	0	0	0	4	3	0	7
Aegliidae	1	1	0	3	1	0	6
Gomphidae	3	0	0	0	1	0	4
Noteridae	0	1	0	3	0	0	4
Ampularidae	0	0	1	0	0	0	1
Gripopterygidae	0	0	0	0	1	0	1
Libellulidae	0	0	1	2	0	0	3
Calamoceratidae	0	0	0	1	2	0	3
Acari	0	3	0	0	0	0	3
Aeshnidae	0	0	0	2	0	1	3
Hydrophilidae	1	0	0	1	0	0	2
Pyrallidae	0	2	0	0	0	0	2
Corixidae	0	1	0	0	0	0	1
Ceratopogonidae	0	0	1	0	0	0	1
Psephenidae	1	0	0	0	0	0	1
Megapodagrionidae	0	0	0	1	0	0	1
Baetidae	0	0	0	1	0	0	1
Scirtidae	0	0	0	1	0	0	1
Staphylinidae	0	0	0	0	1	0	1
Collembola	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor (2017)