PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI



Programa de Monitoramento Ambiental na Área de Influência da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS.

Relatório Final

Novembro de 2016 a julho de 2017

Candiota outubro de 2017

EQUIPE DE TRABALHO

Biólogo Dr. ALEXANDRE ARENZON

Biólogo Dr. ARMANDO MOLINA DIVAN JÚNIOR

Biólogo CARLOS EDUARDO GÜNTZEL

Bióloga Dra. CATARINA DA SILVA PEDROZO

Bióloga DANIELA DE CARVALHO LEITE RIBEIRO

Biólogo Dr. FÁBIO SILVEIRA VILELLA

Biólogo Dr. JAN KAREL FELIX MAHLER JUNIOR

Biólogo Dr. JORGE SEBASTIÃO BERNARDO SILVA

Biólogo LISANDRO BECKER

Logística Amostral MANOEL OTÁVIO FRAGA DA CUNHA

Logística Amostral MARCELO SARAIVA

Farmacêutica Bioquímica MARIA JOSÉ CECÍLIA CARDOSO

Geólogo Dr. NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO

Biólogo Dr. PAULO LUIZ DE OLIVEIRA

Biólogo Me. ROGÉRIO BOTH

Secretária SÔNIA MARIA MADALOSSO

Bióloga Me. SUZANA FAGONDES DE FREITAS

Técnica em Meio Ambiente VERA ARAÚJO DE SOUZA

Veterinária Dra. VERÔNICA SCHMIDT

Auxiliar de Campo VOLMAR GARCEZ DE MORAIS

SUMÁRIO

1. OBJETO DO ESTUDO pag. 01
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO pag. 02
3. REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O AMBIENTE AQUÁTICO pag. 04
4. AMBIENTE AQUÁTICO pag. 08
   - 4.1 ÁGUA SUPERFICIAL pag. 08
   - 4.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA pag. 57
   - 4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS DO ARROIO CANDIOTA pag. 122
5. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS FITOPLÂNCTON, PERIFÍTON, ZOOPLÂNCTON, MACROFAUNA BENTÔNICA E ICTIOFAUNA pag. 291
   - 5.1 INTRODUÇÃO pag. 291
   - 5.2 METODOLOGIA pag. 291
   - 5.3 RESULTADOS pag. 294
     - 5.3.1 FITOPLÂNCTON pag. 294
     - 5.3.2 PERIFITON pag. 303
     - 5.3.3 ZOOPLÂNCTON pag. 310
     - 5.3.4 MACROFAUNA BENTÔNICA pag. 321
     - 5.3.5 ICTIOFAUNA pag. 342
6. AMBIENTE TERRESTRE - BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE pag. 442
   - 6.1 MONITORAMENTO DA FLORA pag. 444
   - 6.2 MONITORAMENTO DA AVIFAUNA pag. 496
   - 6.3 MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA pag. 516
7. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR-FLORA pag. 530
8. ATIVIDADE PECUÁRIA pag. 552

APRESENTAÇÃO

Estamos encaminhando os resultados de um ano de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, RS. O período de estudo envolvido foi de novembro de 2016 a julho de 2017, perfazendo quatro campanhas amostrais. Duas grandes instituições celebraram este projeto de estudos, a Fundação Luiz Englert e a CGTEE, assim como os vários cientistas de diversas áreas envolvidos no projeto. Os ecossistemas aquáticos e terrestres, a qualidade do ar, a pressão antrópica e o estado ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, decorrentes do desenvolvimento econômico e dos vários usos, tem sido um tema constante em nossas discussões. Além do envolvimento profissional por parte da equipe em relação às questões ambientais que afetam a bacia, afirmo que as palavras "querência" que faz parte de nosso vocabulário gaúcho e apesar das diferentes origens etimológicas, juntamente com "querença" retratam a nossa relação com esta bacia Hidrográfica.

Dr. NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO
Coordenador do Projeto

Á Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica

Aos Cuidados do Engenheiro-Gestor
Eng. LUIZ EDUARDO BROSE PIOTROWICZ

A Fundação Luiz Englert, apresenta o Relatório Anual-Final, referente ao contrato CGTEE /090/2016 para o período outubro de 2016 a outubro de 2017.

Porto Alegre 25 de outubro de 2017

Dr. NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO-CREA 48595
Coordenador do Projeto Monitoramento Ambiental
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI CANDIOTA RIO GRANDE DO SUL.

MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS, AQUÁTICO E TERRESTRE, E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, EM CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL.

1. OBJETO DO ESTUDO

O Programa de Monitoramento para o Ambiente Aquático, Terrestre e Águas Subterrâneas constitui-se pelo conjunto de Planos Ambientais associados aos diversos compartimentos ambientais considerados frente a atividade monitorada. Esse relatório final apresenta os resultados compilados das coletas e análises realizadas no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

O ambiente aquático tem uma rede de monitoramento comum para os compartimentos: Água Superficial, Sedimentos e Bioindicadores ambientais (Fitoplâncton, Perifíton, Zooplâncton, Macrofauna Bentônica e Ictiofauna).

Para o ambiente terrestre, a rede de monitoramento, sempre que possível, é comum para os campartimentos: Fauna Local (Herpetofauna e Avifauna), Flora Local, Bioindicadores para a Qualidade do Ar e Solo com seu Estrato Vegetal para atividades pecuárias.

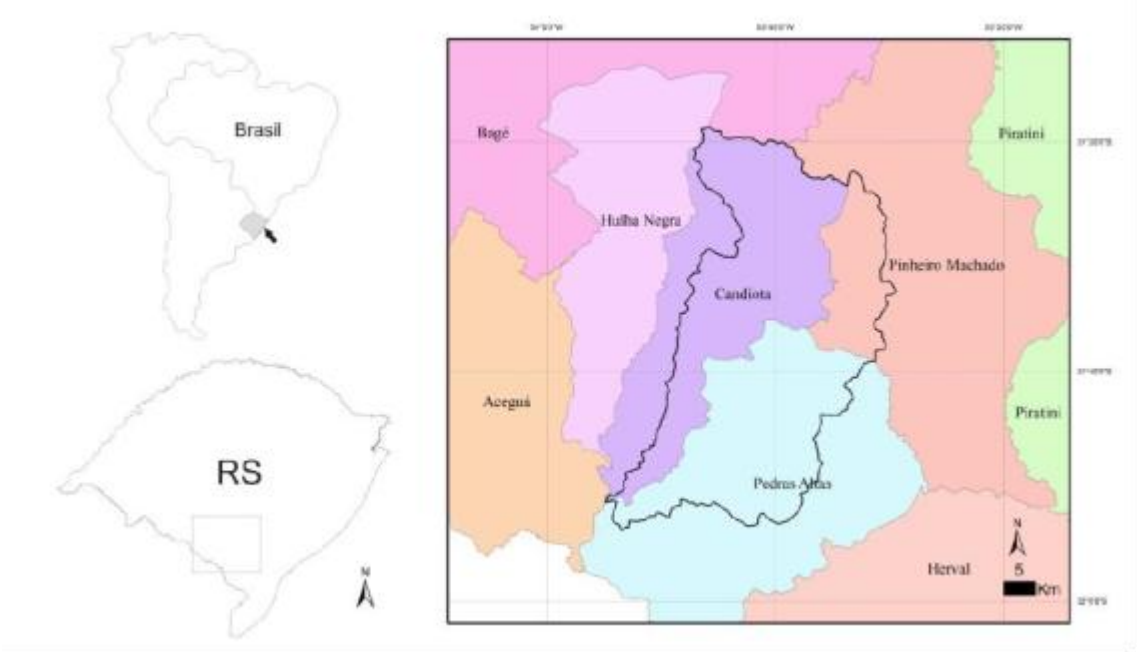
As estações amostrais e o monitoramento, para os diversos compartimentos, estão de acordo com o "PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, MUNICÍPIO DE CANDIOTA/RS", elaborado em agosto de 2006

por solicitação da CGTEE, e mais recentemente pelo termo de referência qual rege o contrato envolvendo o ano de 2016 e 2017, com intervalos de três meses.

Neste novo programa de monitoramento, ao longo de sua execução, foram incluídas novas estações de amostragem, conforme solicitação expressa do Órgão Fiscalizador – IBAMA, denominadas P1A e P8, que se referem, a primeira, a uma tentativa de se encontrar uma melhor estação de referência e a estação P8 - Efluente, localizada imediatamente após o lançamento do efluente final líquido da Usina Termelétrica Presidente Médici, para a investigação da possível influência direta do efluente no corpo hídrico receptor.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Arroio Candiota, situada entre as coordenadas geográficas 31º53’48.13”S; 53º54’54”W e 31º19’1.19”S; 53º29’1.69”W, abrange os municípios de Candiota, Pedras Altas e Pinheiro Machado. No mapa 1 apresenta-se o mapa de situação da área, pertence a bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, cujos principais usos da água se destinam a irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal.



Mapa 1. Localização da área de estudos bacia hidrográfica do Arroio Candiota, Modificado de Farias (2014).

O clima na região é do tipo Cfa (subtropical, com precipitações durante o ano inteiro, segundo a classificação de Köppen). A classificação do clima Cfa pode ser desmembrada. A letra "C" define climas mesotérmicos (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 ºC e superior a -3ºC, ao menos um mês com média igual ou superior a 10ºC). A letra "f" se refere ao clima ser sempre úmido (mês menos chuvoso com precipitação superior a 60 mm). A letra "a" indica verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22ºC).

A pluviosidade média anual é 1122 mm e a chuva tende a ser bem distribuída ao longo no ano, porém nos meses de março e maio a quantidade de chuvas é menor enquanto nos meses de fevereiro, junho e novembro há picos de chuva, havendo pouca variação espacial na pluviometria da região.

Essa descrição se baseia na média da pluviometria mensal, entre julho de 2005 e junho de 2013, de quatro estações meteorológicas. As estações Aeroporto (31°29'42.80"S, 53°41'38.00"O), Candiota (31°32'35.77"S, 53°42'55.87"O) e Aceguá (31°51'51.85"S, 54° 9'43.71"O) fazem parte da rede de monitoramento ambiental da Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - Eletrobrás CGTEE. A Estação Bagé (31º34’ 46.8”S; 54º01’19.8”O) compõe a malha de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3. REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O AMBIENTE AQUÁTICO

A localização das Estações Amostrais foi definida no PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL. A figura 3.1 e o quadro 3.1 apresentam os pontos de monitoramento do ambiente aquático.

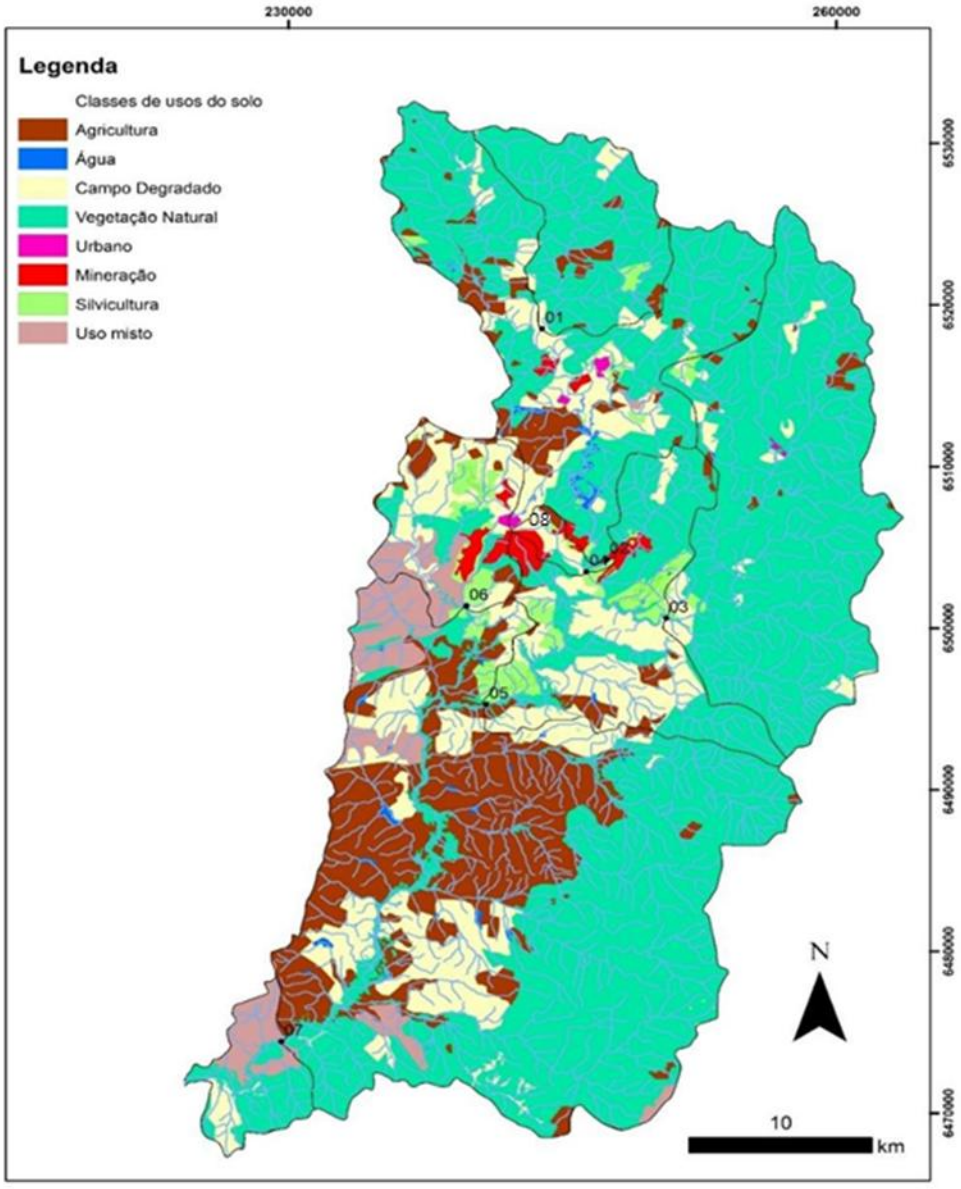


Figura 3.1 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento, utilizando com fundo as classes de uso do solo, incluindo a estação 8 – no lançamento do efluente.

Nas figuras 3.1 e 3.2 está apresentada a localização da estação amostral P8 - efluente.



Figura 3.2 - Localização de estação amostral 8 - efluente. (Foi estudado a qualidade das águas e dos sedimentos, bentos, peixes e o plâncton para atender a última demanda do IBAMA no que tange a rede amostral).

No quadro 3.1 abaixo, estão apresentadas as estações amostrais e sua respectiva localização geográfica.

Quadro 3.1 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Aquático.

Estação Amostral	Curso d´água	Descrição das Estações Amostrais
PM 1	Arroio Candiota	Estação à montante da BR 293, visando ser a estação amostral de referência. Coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952
PM 2	Arroio Candiota	Estação à jusante da Barragem I, visando avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina, visando ser a estação amostral de referência. Coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690
PM 3	Arroio Candiotinha	Estação à montante do deságüe no Arroio Candiota, visando avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor. Coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676
PM 4	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe dos efluentes da Usina e à montante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365
PM 5	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637
PM 6	Arroio Poacá	Estação após contribuição da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor. Coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615
PM 7	Arroio Candiota	Estação após a foz do Arroio Poacá e à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais Coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614
PM 8	Arroio Sem Nome	Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – lançamento do efluente tratado da termelétrica Coordenadas UTM 22J 6505818,92 / 244627,54

NOTA: A inserção de mais uma estação (PM8) ao monitoramento aquático tem como objetivo atender a uma demanda de técnicos do IBAMA, a partir da verificação da deposição de particulados cuja origem provável seja do efluente da termelétrica.

4. AMBIENTE AQUÁTICO

4.1. ÁGUA SUPERFICIAL

Esse relatório final apresenta os resultados compilados relativos às coletas realizadas nos meses de novembro de 2016 a julho de 2017, bem como a interpretação destes no monitoramento da água superficial da área de influência direta da Usina Termelétrica de candiota.

As estações amostrais foram identificadas no quadro 3.1, apresentado anteriormente.

A tabela 4.1.1 apresenta as concentrações máximas e mínimas dos resultados analíticos, obtidas para cada parâmetro físico, químico, microbiológico e ecotoxicológico analisado no período.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.1 - Valores máximos e mínimos registrados para as variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas na bacia hidrográfica do Arroio Candiota no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Condutividade Elétrica ($\mu S.cm^{-1}$)	56,35	65,2	84	268	165	762	228,1	434
	47,9	39,5	54,9	65,2	68	208	100	54,8
Coliformes termotolerantes (NMP.100	2420	435	2280	1190	1733	110	4730	2420
	< 1	8,6	185	52	173	<1,0	222	1
Cor Aparente (U.C)	392	252	404	277	410	328	1280	211
	113	190	115	135	134	107	188	155
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO	5,6	< 2	808	5	10	10	10	8
	< 2	4,6	2,4	2,5	4	<2	3	2
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	<0,003	<0,003	0,13	0,121	0,048	<0,003	0,111	0,093
	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,07	0,032	0,117	0,136	0,101	0,072	0,163	0,378
	0,03	0,066	0,032	0,042	0,033	<0,003	0,05	0,098
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3-N.L^{-1})	1,67	0,805	2,37	0,676	1,14	1,46	0,553	1,44
	< 0,340	< 0,340	< 0,340	<0,340	<0,340	0,774	<,0340	0,602
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,483	0,42	0,592	27,4	0,588	2,5	0,608	1
	0,157	0,181	0,114	0,213	0,143	0,348	0,142	0,215
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,406	0,669	1,489	0,452	0,622	0,818	1,453	0,415
	< 0,006	0,021	< 0,006	< 0,006	0,015	<0,006	<0,006	0,291
Arsênio Total (mg As.L-1)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	<0,006	0,013	<0,006	<0,006	0,007	0,007	<0,006	<0,006
	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<0,006	<0,0006	<0,006
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,534	0,698	0,56	0,427	0,324	0,804	0,586	0,635
	0,065	0,064	0,041	0,032	0,034	0,006	<0,006	<0,006
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,118	0,241	0,081	0,193	0,186	1,805	0,156	0,146
	0,054	0,034	0,035	0,045	0,043	0,001	0,047	0,051
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0003	0,0003	<0,0002	0,0005	< 0,0002
	< 0,0002	< 0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	< 0,0002
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	<0,001	0,002	<0,001	0,001	0,001	0,046	0,002	< 0,001
	< 0,001	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,013	<0,001	< 0,001
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,013	0,014	0,025	0,031	0,017	0,042	0,025	0,045
	< 0,006	< 0,006	<0,006	0,012	<0,006	0,006	0,006	0,01
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	9,56	9,94	9,75	9,94	10,1	10	8,01	9,37
	4,96	7,94	5,36	5,95	5,36	6,55	7,01	6,81

Continuação Tabela 4.1.1.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	<1,0	1,23	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	< 1,0
	< 1,0	< 1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	< 1,0
pH	7,8	7,3	7,6	8,2	7,8	6,3	7,7	9,6
	7,2	7,6	7,3	7,5	7,5	4,3	7,2	7,9
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	36	26	54	174	102	492	146	286
	32	42	34	42	44	136	66	36
Sulfetos (mg.L^{-1})	< 0,064	< 0,064	<0,064	<0,064	<0,064	<0,064	<0,064	<0,064
	< 0,002	< 0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	< 0,1	< 0,1	<0,1	<,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Temperatura (^{o}C)	21	15	23	24	24	25	24	24
	12	22	13	12	14	14	18	17
Toxicidade crônica com *P. subcaptata*	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	**TC**
	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Toxicidade crônica com *Ceriodaphnia d*	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	NE	NE	NE	NE	NE	TA	NE	NE
Toxicidade crônica com *Pimephales pro*	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	NE	NE	NE	NE	NE	TA	NE	NE
Turbidez (NUT)	48,1	36	52,3	38,8	54,1	43,6	145	28,5
	14,6	23,4	14	15,6	16,2	18,2	22,8	19,1

NE = NENHUM EFEITO, TC = TOXICIDADE CRÔNICA, TA = TOXICIDADE AGUDA

Obs.: as concentrações máximas estão na primeira linha e as mínimas na segunda linha.

Todos os resultados foram comparados com os Padrões de Qualidade para Águas Superficiais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005 (Tabela 4.1.2)

Do ponto de vista da classificação das águas do sistema, utilizando-se a resolução no. 357/2005 do CONAMA, obviamente levando-se em consideração que foram realizadas no âmbito do contrato, apenas 4 amostragens trimestrais, foi possível observar a importante influência da poluição orgânica no sistema. Essa observação é feita, principalmente, quando são analisados os resultados de Coliformes Termotolerantes e a Demanda Bioquímica de Oxigênio, além do Fósforo Total e do Nitrogênio Amoniacal.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.2 - Variação da Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado na resolução do COMANA, no. 357/2005, no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})								
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)								
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})								
Fósforo Total (mg P.L^{-1})								
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)								
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})								
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})								
Arsênico Total (mg As.L-1)								
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})								
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})								
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})								
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})								
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})								
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})								
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})								
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})								
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})								
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)								
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})								
pH								
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})								
Sulfetos (mg.L^{-1})								
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})								
Turbidez (NTU)								
Legenda: Classes de Qualidade - Resolução CONAMA 357								
Classe 1								
Classe 2								
Classe 3								
Classe 4								

Como pode ser visto na tabela 4.1.2 acima, esses parâmetros, na sua situação mais crítica (ou seja, valores máximos encontrados) classificaram

todo o sistema como de classe 3 (com exceção da estação denominada P2 e P6), o que mostra o ambiente fortemente influenciado por descargas de esgoto doméstico.

Além dos Coliformes Termotolerantes e da DBO_5, também fenóis foram encontrados no sistema, principalmente em abril de 2017, levando a classificação das estações P3, P4, P7 e P8 como de classe 4 (além da P5 em julho de 2017). Sabe-se que os fenóis são compostos orgânicos, tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

Conforme o diagrama representado pelo IBAMA, no documento PAR. 02001.000145/2017 – 82 COEND/IBAMA, a estação P3 está localizada no arroio Candiotinha, que recebe a contribuição do Cimento Rio branco, bem como das Minas de Calcário. Já P4 e P8 estão relacionadas com a termelétrica Presidente Médici, representando o efluente final líquido desta (P8) e, em sequência, o P4 que sofre a influência direta deste efluente. E, por fim, P7, localizada no arroio candiota, que sofre influência do arroio poacá, drenagem da mineração do carvão.

Como ressaltado em relatório parcial, o Alumínio também foi importante na caracterização limnológica do sistema. Este é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre (SANTOS 2003). Ele não ocorre naturalmente na forma elementar, metálica, porém é amplamente distribuído na crosta terrestre combinado com o oxigênio, flúor, silício e outros constituintes. A ocorrência deste metal se dá na forma de silicatos como o feldspato e a mica, complexados com sódio e fluoreto como a criolita e pedra de baixita, a qual é composta por óxidos de alumínio hidratado, hidróxidos de alumínio e impurezas como sílica livre. Em geral, a redução do pH como resultado da chuva ácida ou da liberação de ácidos minerais, aumenta a mobilidade de formas monoméricas de alumínio.

Ainda, de acordo com essa autora acima citada, o alumínio dissolvido pode ocorrer em sistemas subterrâneos ou superficiais. A sua solubilidade, em equilíbrio com a fase sólida $Al(OH)_3$ é altamente dependente do pH. O complexo aquoso $Al(H_2O)_6^{3+}$ predomina em pH baixo (4,0).

No sistema, observa-se a ocorrência frequente desse metal, tendo classificado todo o sistema como de classe 4, pelo menos na sua condição mais crítica.

Além desses, o Ferro Dissolvido e o Manganês total também foram importantes, classificando os ambientes como de classe 3. O manganês é um metal que ocorre naturalmente em diversos tipos de rochas. Não ocorre no ambiente como metal puro e sim combinado com outras substâncias como oxigênio, enxofre e cloro. Algumas partículas do material sólido podem se apresentar em suspensão no ar e alguns compostos podem se dissolver na água ou, ainda, baixos níveis destes compostos se encontram normalmente presentes em lagos, oceanos e rios.

De acordo com MARTINS (2003), alguns compostos são usados na fabricação de baterias, em suplementos alimentares, como ingredientes de cerâmicas, praguicidas e fertilizantes.

Já o Mercúrio foi detectado nas estações P4 e P5 em novembro de 2016 e em P7 em janeiro de 2017. O Níquel ocorreu com mais frequência, tendo sido detectado na estação P2 em abril de 2017 e nas estaçõses P4, P5 P7 em novembro de 2017 e a estação P6 em todas as coletas. Nestas ocasiões, todos os locais foram classificados como de classe 4.

Segundo AZEVEDO (2003), as fontes naturais mais significativas de mercúrio são a desgaseificação da crosta terrestre, as emissões de vulcões e a evaporação de corpos aquáticos. Admite-se que as emissões naturais sejam da orde de 25 a 125 mil toneladas por ano. As indústrias de cloro-álcali, as de equipamentos elétricos e as de pinturas à base de mercuriais são apontadas como contribuintes em de 55% da produção total. A crosta

terrestre é fonte importante para a contaminação de corpos aquáticos naturais. Uma parcela do mercúrio encontrado na água é de origem natural, embora possa parcialmente ser de origem atmosférica e ter sido gerado, também por atividades antropogênicas. Portanto, é difícil avaliar, quantitativamente, as contribuições relativas á atividade antropogênica e à natural em relação aos mercuriais que sofrem lixiviação do solo para a água.

Quanto ao níquel, a utilização é muito diversificada, sendo sua principal aplicação à fabricação do aço inoxidável. Também é utilizado como uma das camadas-base na galvanoplastia do cromo, entre outros. O solo e os vulcões parecem ser a principal fonte natural e podem contribuir com 40 a 50% do níquel no ambiente.

São ainda importantes a combustão de óleos combustíveis e o resíduo de incineradores municipais, além da mineração contribuindo com mais de 70% do níquel de fontes antropogênicas.

Análise Estatística

Os resultados analíticos da qualidade da água foram utilizados na análise estatística, para a melhor compreensão do comportamento dos diferentes elementos e características no sistema estudado.

Foram selecionados alguns parâmetros, como mostram os resultados abaixo.

Descritiva

As vinte e uma variáveis utilizadas para a análise da qualidade da água apresentaram um comportamento apresentado na tabela 4.1.3.

Tabela 4.1.3 – Análise descritiva das variáveis da qualidade da água, nas campanhas de novembro de 2016, e janeiro, abril e julho de 2017.

Variáveis 2016-2017	N Estatístico	Intervalo Estatístico	Mínimo Estatístico	Máximo Estatístico	Média Estatística	Desvio Padrão	Variancia Estatística	Assimetria Estatística	Curtose Estatística
Condutiv	31	722,520	39,480	762,000	148,746	150,815	22745,263	2,606	8,531
Coliform	31	4729,000	1,000	4730,000	751,716	1037,944	1077326,741	2,307	6,342
Cor	31	1173,000	107,000	1280,000	283,871	209,145	43741,649	3,777	17,769
DBO	31	8,000	2,000	10,000	4,703	2,562	6,566	0,935	-0,220
Fenois	31	0,127	0,003	0,130	0,019	0,038	0,001	2,249	3,586
Fosforo	31	0,372	0,006	0,378	0,080	0,083	0,007	2,741	7,785
NitAmon	31	2,030	0,340	2,370	0,738	0,491	0,241	1,668	2,885
Nitrato	31	27,286	0,114	27,400	1,350	4,858	23,601	5,485	30,343
Al	31	1,946	0,006	1,952	0,386	0,485	0,235	1,867	3,384
Fe	31	0,798	0,006	0,804	0,271	0,229	0,052	0,715	-0,468
Mn	31	1,804	0,001	1,805	0,177	0,328	0,108	4,435	21,528
Hg	31	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	4,306	19,935
Ni	31	0,045	0,001	0,046	0,004	0,009	0,000	3,613	14,205
Zn	31	0,039	0,006	0,045	0,017	0,013	0,000	1,148	0,125
O2	31	5,140	4,960	10,100	8,074	1,529	2,338	-0,448	-0,862
OleosGrax	31	0,230	1,000	1,230	1,007	0,041	0,002	5,568	31,000
pH	31	5,300	4,300	9,600	7,410	0,939	0,882	-0,920	4,620
SolDiss	31	466,000	26,000	492,000	96,258	97,862	9576,998	2,585	8,342
Sulfetos	31	0,062	0,002	0,064	0,034	0,031	0,001	-0,068	-2,138
Temp	31	13,000	12,000	25,000	20,194	3,798	14,428	-1,108	0,015
Turbidez	31	131,000	14,000	145,000	36,961	24,229	587,045	3,090	13,082

Observa-se que a variância destes dados, considerando as quatro campanhas, apresenta o comportamento de uma Bacia Hidrográfica com características de alterações antropogênicas. O desenvolvimento na região onde está enserida a bacia introduz uma variabilidade intensa em variáveis como, por exemplo, os coliformes, que apresentaram a mais alta variância (Figura 4.1.3). As outras variáveis que seguem esta ordenação, realizada pela variância dos dados, são a cor, a condutividade, os sólidos dissolvidos, a turbidez e o nitrato. A temperatura aparece com uma variância baixa uma vez que não houve discrepâncias em termos de temperatura, mesmo considerando que as campanhas procuraram caracterizar a sazonalidade. Chama a atenção a presença de óleos e graxas que se esperaria estar na mais baixa variância e isto não ocorre.

Coliform>Cor>Condutividade>Solidos Dissolvidos>Turbidez>Nitrato>Temp>DBO>O2>pH>
NitAmon>Al>Mn>Fe>Fósforo>ÓleosGrax>Fenóis>Sulfetos>Hg>Ni>Zn

Multivariada

São muitas as áreas da ciência como: psicologia, sociologia, biologia, medicina, educação e economia, em que os estudos fornecem ao pesquisador observações de muitas variáveis para cada elemento de uma amostra ou população. No presente estudo são vinte e uma variáveis que descrevem o estado ambiental da água. Em que se tem o interesse e a necessidade de examinar as inter-relações entre estas variáveis, que fazem parte de uma estratégia de vigilância ambiental. Estas inter-relações podem ser avaliadas ou pelas covariâncias ou pelos coeficientes de correlação entre as variáveis.

Sendo o número de variáveis grande (21) deseja-se estruturar e simplificar os dados de maneira a conservar o máximo de informação expressa pelas variáveis originais. Uma das soluções buscada para este "problema" é encontrar variáveis hipotéticas que se constituam em combinações lineares das variáveis observadas no estudo, e assim o olhar deste estudo de forma conveniente as variáveis originais passarão a ter um número menor, após encontrarem-se estas variáveis hipotéticas, que de forma mais ágil resumiriam as informações daquelas variáveis originalmente observadas.

Além disso, buscou-se unir não só com as variáveis hipotéticas, mas também com os locais de estudo, em grupos homogêneos que possibilitem uma visão espacial do comportamento e do estado ambiental da água na calha fluvial do Arroio Candiota. Utilizou-se para isto o ramo da estatística que trata da análise de dados em várias dimensões a, Analise Multivariada.

Análise de Correlação Bivariada

Matriz de Correlação

Partindo da matriz de dados brutos, com os valores referentes as 21 variáveis, já especificadas, para cada local amostral da calha fluvial do Arroio Candiota, obteve-se a matriz de correlação utilizando-se o

Coeficiente de Correlação de Pearson (Tabela 4.1.4). Na análise de matriz de correlação, consideraram- se como "boa" correlação aqueles coeficientes maiores ou iguais a 0,35 em valor absoluto. Utilizou-se a seguinte convenção: Os coeficientes de correlação maiores ou iguais ± 0,35 aparecem na matriz caso contrário aparecem hachureado de amarelo.

A distribuição dos bons coeficientes ilustra o quanto são mais indicadoras ou diagnósticas certas variáveis em relação a outras, dentro de universo total de dados da qualidade da água nas quatro campanhas analisadas.

Na tabela 4.1.4, apresentam-se os resultados da análise de correlação bivariada para os dados da qualidade da água do Arroio Candiota, considerando as quatro campanhas amostrais novembro de 2016, janeiro de 2017, abril de 2017 e julho de 2017.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.4.– Matriz de correlação dos dados da água da calha fluvial do Arroio Candiota e seus afluentes. Campanhas amostrais, novembro de 2016, janeiro de 2017, abril de 2017 e julho de 2017. O coeficiente usado foi o de Pearson.

Var	Coeficiente	Condutiv	Coliform	Cor	DBO	Fenois	Fosforo	NitAmon	Nitrato	Al	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn	O2	OleosGrax	pH	SolDiss	Sulfetos	Temp	Turbidez
Condutiv	Pearson Correlation	1																				
Coliform	Pearson Correlation	-0,318	1																			
Cor	Pearson Correlation	-0,339	,561**	1																		
DBO	Pearson Correlation	-0,115	0,324	,386*	1																	
Fenois	Pearson Correlation	0,267	-0,208	-,365*	-0,082	1																
Fosforo	Pearson Correlation	0,345	-0,042	0,057	0,261	0,239	1															
NitAmon	Pearson Correlation	0,169	-0,325	0,042	,363*	-0,201	0,189	1														
Nitrato	Pearson Correlation	0,236	-0,07	-0,088	0,002	-0,052	0,034	0,122	1													
Al	Pearson Correlation	0,171	-0,165	0,249	-0,035	-0,157	0,073	-0,046	-0,055	1												
Fe	Pearson Correlation	-0,301	-0,244	-0,24	-0,261	-0,173	-,429*	-0,256	-0,101	,507**	1											
Mn	Pearson Correlation	,570**	-0,331	-0,289	-0,346	-0,137	-0,276	0,187	0,106	0,208	0,037	1										
Hg	Pearson Correlation	0,205	0,194	-0,051	0,32	-0,118	-0,011	-0,042	0,044	0,076	-0,031	-0,028	1									
Ni	Pearson Correlation	,606**	-0,349	-0,197	-0,311	-0,144	-0,265	0,283	0,061	0,216	0,002	,924**	-0,097	1								
Zn	Pearson Correlation	,648**	-,381*	-0,105	-,442*	-0,036	,375*	0,171	0,131	,491**	0,044	,497**	-0,089	,530**	1							
O2	Pearson Correlation	0,138	0,085	-0,07	-,412*	0,234	0,082	-,497**	-0,21	-0,241	-0,181	0,167	-0,295	0,167	0,093	1						
OleosGrax	Pearson Correlation	-0,191	-0,084	0,026	-0,241	-0,076	-0,1	-0,171	-0,09	-0,084	0,096	-0,102	-0,051	-0,063	-0,045	0,209	1					
pH	Pearson Correlation	-0,288	0,179	0,012	0,235	0,299	,606**	-0,226	-0,077	-0,214	-0,159	-,796**	0,024	-,871**	-0,229	-0,003	-0,01	1				
SolDiss	Pearson Correlation	1,000**	-0,314	-0,331	-0,118	0,267	0,349	0,166	0,239	0,177	-0,299	,567**	0,204	,606**	,656**	0,139	-0,194	-0,287	1			
Sulfetos	Pearson Correlation	0,202	-0,055	-0,143	-,470**	,405*	0,134	-,456**	-,357*	-0,098	-0,115	0,07	-0,291	0,097	0,169	,821**	0,177	0,096	0,2	1		
Temp	Pearson Correlation	0,244	-0,257	-0,351	,397*	0,18	0,098	0,24	0,234	0,193	0,089	0,072	0,246	0,01	-0,13	-,568**	-0,24	0,004	0,238	-,506**	1	
Turbidez	Pearson Correlation	-,385*	,524**	,984**	,404*	-,434*	0,015	0,114	-0,028	0,259	-0,174	-0,293	-0,033	-0,208	-0,106	-0,181	0,021	-0,011	-,377*	-0,288	-0,297	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

não significatico

Nota: Células hachureadas de amarelo são todos os coeficientes de correlação não significativos, as células brancas apresentam coeficientes significativos.

As variáveis que apresentaram bons coeficientes:

- ✓ O Zn apresentou 9 bons coeficientes de correlação;
- ✓ DBO apresentou 7 bons coeficientes de correlação;
- ✓ Turbidez apresentou 6 bons coeficientes de correlação.
- ✓ A condutividade, as concentrações de Mn e Ni dissolvidos na água, os sólidos dissolvidos e o sulfetos apresentaram cada um, 5 bons coeficientes de correlação;
- ✓ A Cor e o O_2 apresentaram 4 bons coeficientes de correlação;
- ✓ Já as variáveis Coliformes, Fenóis, Fósforo, Nitrogênio Amoniacal, pH e a Temperatura apresentaram 3 bons coeficientes de correlação cada um;
- ✓ O Al e o Fe apresentaram 2 bons coeficientes de correlação.
- ✓ O Nitrato apresentou apenas 1 bom coeficiente de correlação;
- ✓ O Hg e Óleos e Graxas não apresentaram nenhum bom coeficiente de correlação.

Análise de Agrupamento

Dado um número de objetos ou indivíduos, cada um descrito por um conjunto de medidas, o objetivo da técnica multivariada é o de se obter um esquema de classificação que agrupe os indivíduos em um número de classes, tal que os indivíduos dentro das classes sejam similares em algum aspecto e diferente dos das outras classes. O número de classes e as características de cada classe devem ser determinados. Em suma, esta técnica agrupa elementos de modo a formar grupos homogêneos dentro deles e heterogêneos entre eles. O critério para formação dos grupos é dado por medidas de similaridades, dissimilaridades ou distâncias. As técnicas de Análise de Agrupamento podem ser usadas como redução de dados, visto que reduzem a informação de um conjunto total de N indivíduos para a informação sobre K- grupos, onde K é muito menor de que N. O dendrograma resultante da análise de agrupamento, considerando

as 21 variáveis da qualidade da água superficial constam nas figuras que seguem, (Figuras 4.1.1 e 4.1.2).

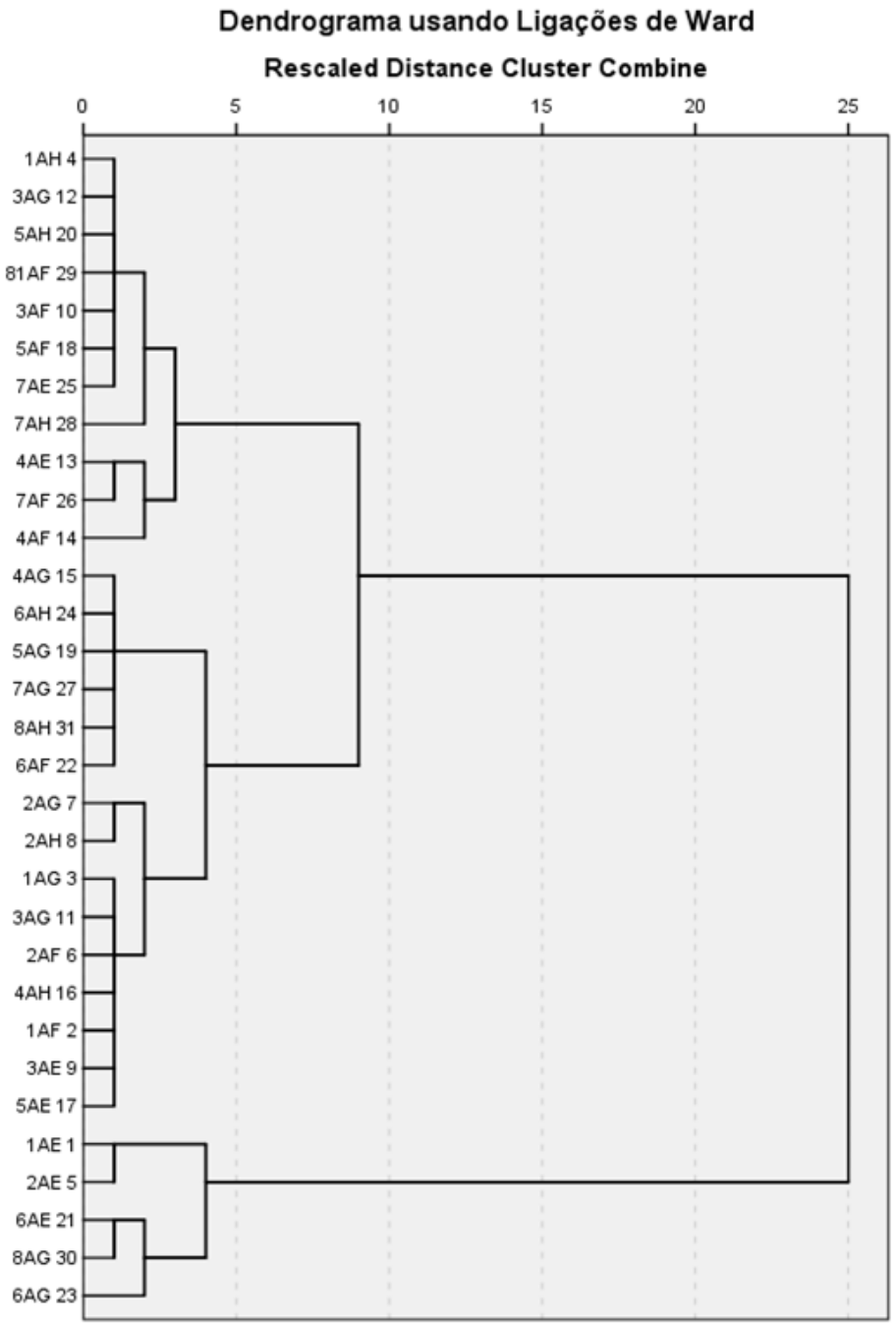


Figura 4.1.1 - Analise de Cluster, (agrupamento), mostrando os grupos formados usando o método de Ward, para agrupar as estações amostrais. Colocam-se os sufixos AE-campanha amostral de novembro de 2016, AF para campanha de janeiro de 2017, AG para campanha de abril de 2017 e AH para a campanha amostral de julho de 2017.

Os agrupamentos das estações amostrais não apresentam um padrão reconhecível, isto deve-se a variância dos dados. No entanto, esta analise serve de subsídio ao analisarmos os resultados obtidos por analises usando RTR e RTM.

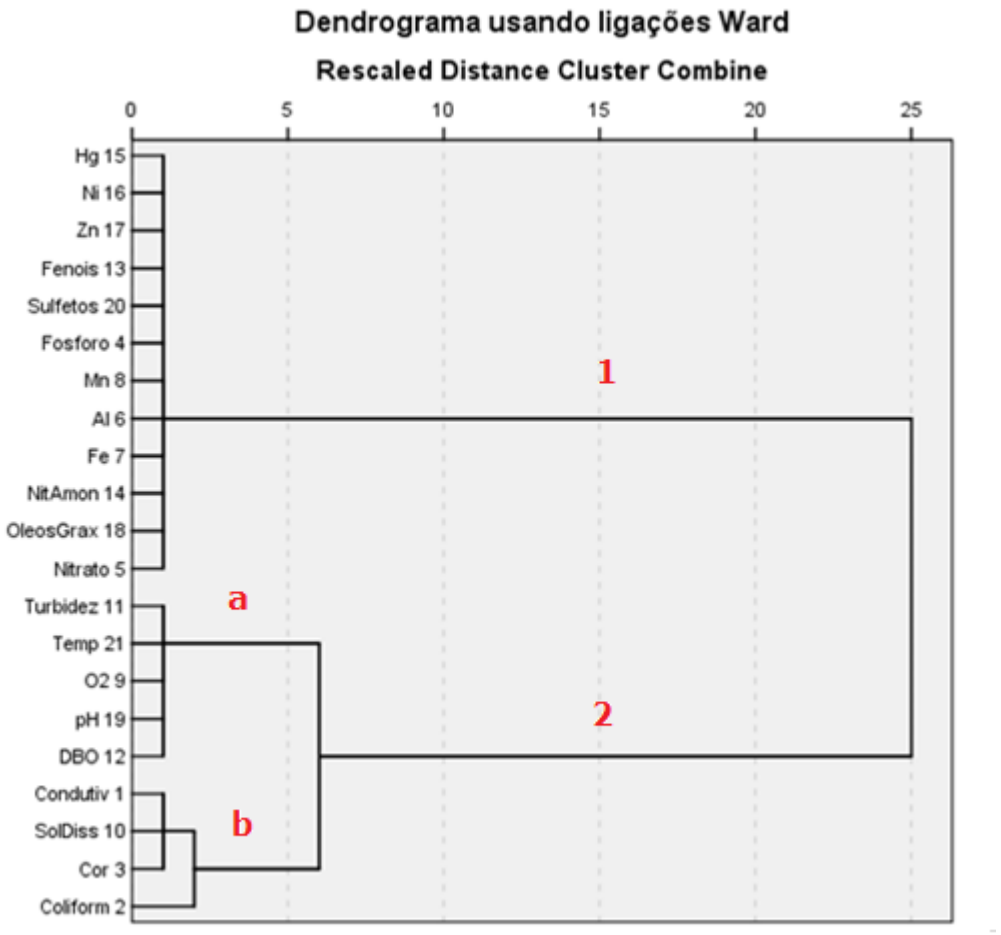


Figura 4.1.2 - Dendrograma resultado da análise de agrupamento, considerando as 21 variáveis da qualidade da água superficial.

O dendrograma resultante da análise de agrupamento, considerando as 21 variáveis da qualidade da água superficial, o agrupamento das variáveis medidas mostra de forma, claramente o agrupamento em função das semelhanças no comportamento das variáveis considerando os locais amostrais.

O grupo 1 apresenta uma predominância física, enquanto que no grupo 2 uma predominância química.

O grupo 1 evidencia uma possível maior influência na movimentação de solos, seja por atividades agrícolas, atividade mineira ou por transporte de insumos.

No grupo 2, estão agrupados os coliformes, a condutividade, os sólidos dissolvidos e a coloração da água, evidencia uma preponderância com os usos e seus efluentes. Poder-se-ia dizer que este grupo representa a influência antropogênica.

Análise Fatorial

O subprograma "FACTOR" do SPSS®, fornece as raízes características da matriz de correlação bem como a matriz de cargas fatoriais. Para a obtenção dos fatores utilizou-se o método de rotação VARIMAX, que foi selecionado por proporcionar uma melhor interpretação, visto que o objetivo da rotação dos fatores é obter uma matriz de cargas mais facilmente interpretáveis ou mais identificáveis, em relação a natureza das variáveis observadas. Na tabela 4.1.5, constam os 7 fatores associados às raízes características maiores do que a unidade.

Tabela 4.1.5 – Apresentam-se os fatores que explicam cerca de 84,64% da variância dos dados de qualidade da água do Arroio Candiota. As sete raízes características maiores que a unidade.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Raízes	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,038	23,992	23,992	5,038	23,992	23,992	3,434	16,351	16,351
2	3,422	16,297	40,289	3,422	16,297	40,289	3,407	16,226	32,577
3	2,863	13,632	53,921	2,863	13,632	53,921	3,274	15,588	48,165
4	2,394	11,401	65,322	2,394	11,401	65,322	3,142	14,962	63,127
5	1,661	7,912	73,234	1,661	7,912	73,234	1,922	9,154	72,281
6	1,344	6,402	79,636	1,344	6,402	79,636	1,443	6,871	79,152
7	1,050	5,001	84,636	1,050	5,001	84,636	1,152	5,485	84,636
8	,937	4,461	89,097						
9	,724	3,449	92,546						
10	,456	2,171	94,717						
11	,342	1,627	96,344						
12	,242	1,151	97,495						
13	,180	,859	98,354						
14	,138	,658	99,012						
15	,084	,400	99,411						
16	,046	,217	99,628						
17	,039	,186	99,814						
18	,024	,113	99,927						
19	,014	,069	99,996						
20	,001	,003	100,000						
21	,000	,000	100,000						

Já na figura 4.1.3, apresentam-se graficamente os dois fatores, variáveis hipotéticas e as variáveis originais que os compõe mostrando a carga fatorial.

Tabela 4.1.6 - Matriz de carga fatorial, distribuição das variáveis originais dentro das variáveis hipotéticas e suas contribuições.

Component Matrixa

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
Condutiv	,829	,141	,341	,318	-,013	,198	,051
Coliform	-,595	-,037	-,110	,396	-,232	,472	,057
Cor	-,560	,198	-,360	,667	,112	,009	-,050
Fosforo	,019	,002	,698	,493	,365	-,200	,041
Nitrato	,166	,348	,150	-,023	-,138	-,071	,717
Al	,210	,322	-,296	,100	,792	,217	-,141
Fe	,026	,005	-,434	-,633	,535	,132	-,037
Mn	,823	,150	-,378	,055	-,214	,071	-,081
O2	,213	-,822	-,072	,311	-,151	,100	-,023
SolDiss	,827	,141	,338	,325	-,005	,199	,055
Turbidez	-,581	,302	-,391	,591	,123	-,040	,001
DBO	-,477	,576	,331	,189	-,154	,108	-,277
Fenois	,188	-,387	,608	-,127	,014	,046	-,248
NitAmon	,158	,637	,087	,132	-,186	-,594	-,164
Hg	-,040	,370	,197	-,047	-,061	,691	,186
Ni	,828	,164	-,418	,151	-,216	-,016	-,134
Zn	,698	,052	-,052	,375	,484	-,136	,178
OleosGrax	-,089	-,341	-,237	-,087	,058	-,159	,428
pH	-,553	-,267	,676	,002	,307	-,072	,103
Sulfetos	,262	-,853	,048	,237	,055	,076	-,181
Temp	,153	,599	,432	-,428	,045	,129	-,137

Tabela 4.1.7 – Matriz de carga fatorial rotacionada pelo método varimax, a distribuição das variáveis originais dentro das variáveis hipotéticas e suas contribuições.

Rotated Component Matrixa

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
Condutiv	,321	,858	-,016	-,286	-,110	,169	,063
Coliform	-,169	-,245	-,177	,590	-,250	,515	,089
Cor	-,107	-,054	-,002	,959	-,009	-,007	,091
Fosforo	-,611	,686	,036	,067	-,141	-,160	,106
Nitrato	,036	,258	,359	-,069	-,187	,172	-,666
Al	,100	,345	,127	,252	,842	,036	,141
Fe	,102	-,356	,041	-,217	,837	,000	-,091
Mn	,869	,334	-,046	-,174	,053	-,033	,001
O2	,072	,100	-,889	-,058	-,211	-,049	,023
SolDiss	,318	,863	-,018	-,278	-,104	,169	,060
Turbidez	-,092	-,097	,120	,956	,027	-,027	,023
DBO	-,274	-,042	,578	,329	-,278	,227	,411
Fenois	-,328	,201	-,240	-,549	-,159	-,006	,319
NitAmon	,214	,217	,671	,102	-,273	-,485	,087
Hg	-,010	,109	,263	-,007	,030	,783	,010
Ni	,899	,368	-,049	-,089	,025	-,133	,038
Zn	,230	,797	-,120	,020	,348	-,241	-,189
OleosGrax	-,062	-,184	-,294	,023	,072	-,127	-,504
pH	-,964	-,003	-,051	-,066	-,087	,017	,024
Sulfetos	-,047	,173	-,883	-,181	-,050	-,129	,179
Temp	-,046	,121	,699	-,427	,098	,225	,205



Figura 4.1.3 - Carga dos Fatores (novas variáveis hipotéticas) para cada uma das variáveis originais que os compõe, os fatores 1 e 2 explicam respectivamente 16,35% e 16,26% da variância dos dados.

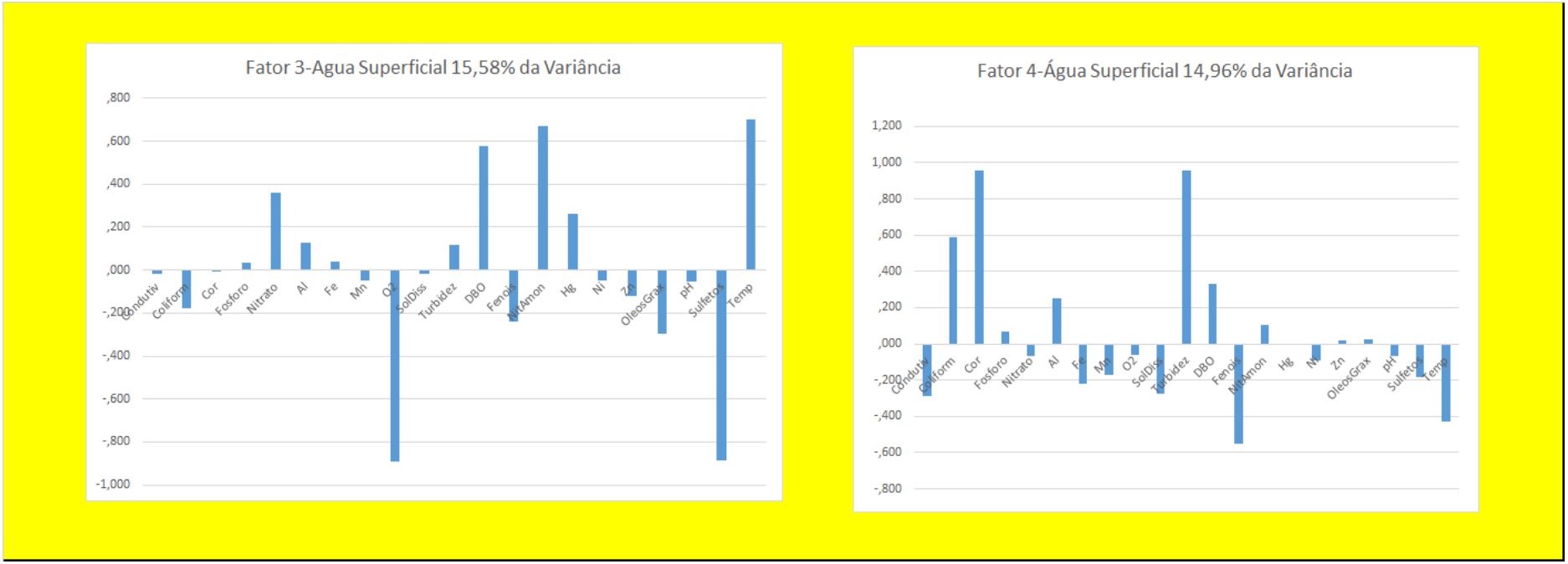


Figura 4.1.4 – Carga dos Fatores (novas variáveis hipotéticas) para cada uma das variáveis originais que os compõe, o fator 3 e o fator 4 explicam respectivamente 15,58% e 14,96% da variância dos dados.

- ✓ O fator 1 é uma nova variável hipotética formada pelas variáveis originais, Manganês dissolvido Níquel e pH, que explica 16,35%.
- ✓ O fator 2 é uma nova variável hipotética e explica 16,23 % da variância total dos dados da água. As variáveis originais que compõe esta nova variável são, Condutividade, Fósforo, Sólido Dissolvidos e Zinco.
- ✓ O fator 3 é uma nova variável hipotética que explica 15,59% da variância composta pelas seguintes variáveis de observações originais, Oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio Nitrogênio Amoniacal, Sulfetos, e a Temperatura (sazonalidade).
- ✓ O fator 4 é uma nova variável hipotética que explica 14,96% da variância total dos dados, composta pelas variáveis originais Coliformes, Cor, Turbidez e Fenóis.
- ✓ O fator 5 é uma nova variável hipotética que representa 9,15% da explicação da variância total dos dados.
- ✓ Os fatores de 1 a 5 são as novas variáveis hipotéticas que juntas explicam 72,28% da variância total dos dados.

Discussão do Comportamento das Variáveis

As figuras a seguir mostram os parâmetros mais significativos e que apresentaram variações no decorrer do período.

Embora tenha sido objeto de amostragens somente a partir de janeiro de 2017, note-se que, a estação P8 – efluente foi colocada na sequência em que se apresenta no sistema estudado para melhor compreensão da sua possível influência nas demais estações amostrais a seguir, com exceção da estação P3.

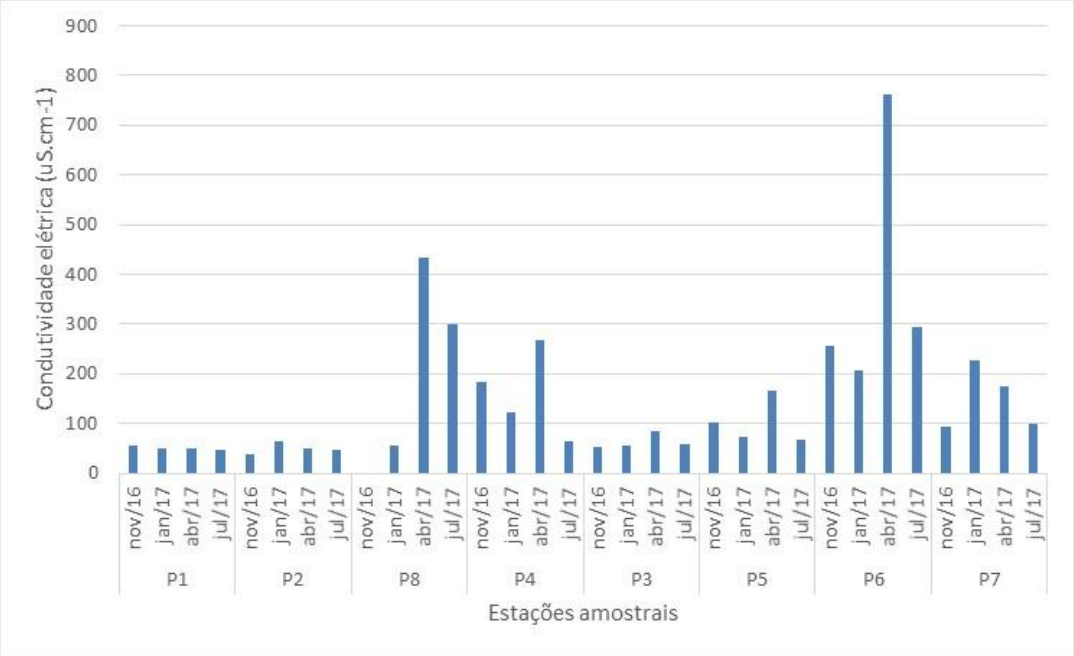


Figura 4.1.5 - Variação da condutividade elétrica da água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Nota-se a influência dos compostos orgânicos do efluente da usina na condutividade apresentada pelo P8 em abril de 2017, posteriormente acompanhada pelo P4. Já a P6 tem a condutividade elétrica mais elevada também em abril, mas principalmente influenciada pela mineração. Esta influência também é presente com relação aos coliformes termotolerantes (Figura 4.1.6).

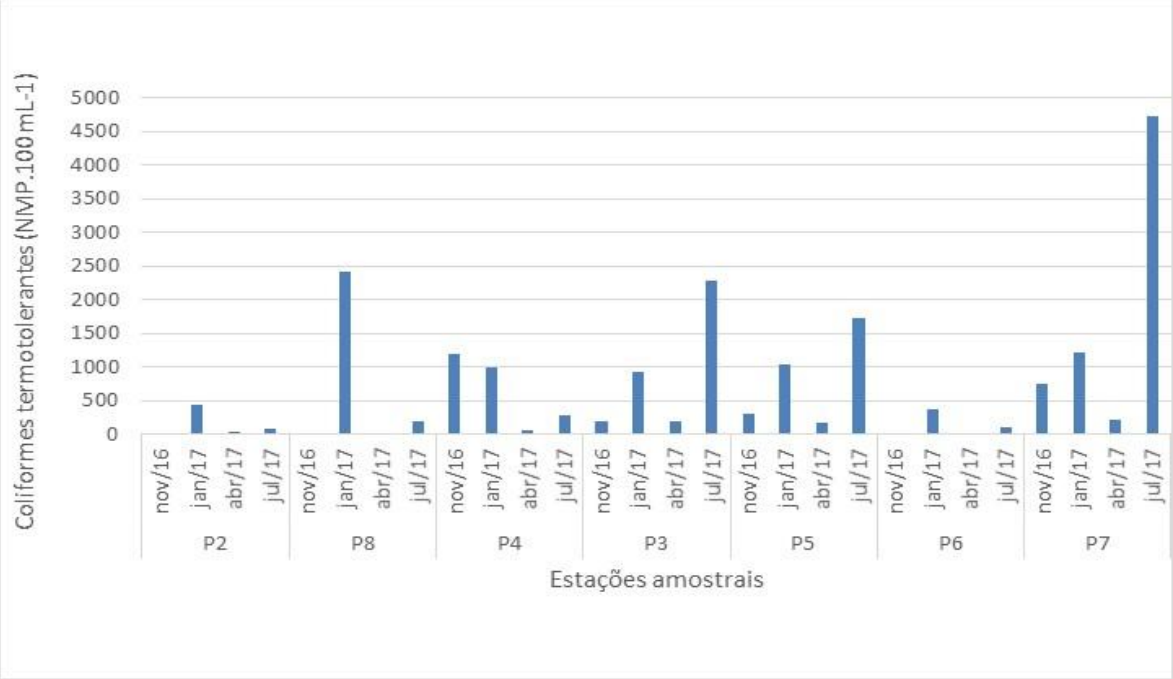


Figura 4.1.6 - Variação de coliformes termotolerantes na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Quanto ao fósforo total, nota-se resultados bem elevados em abril e julho de 2017 na estação P8 (Figura 4.1.7).

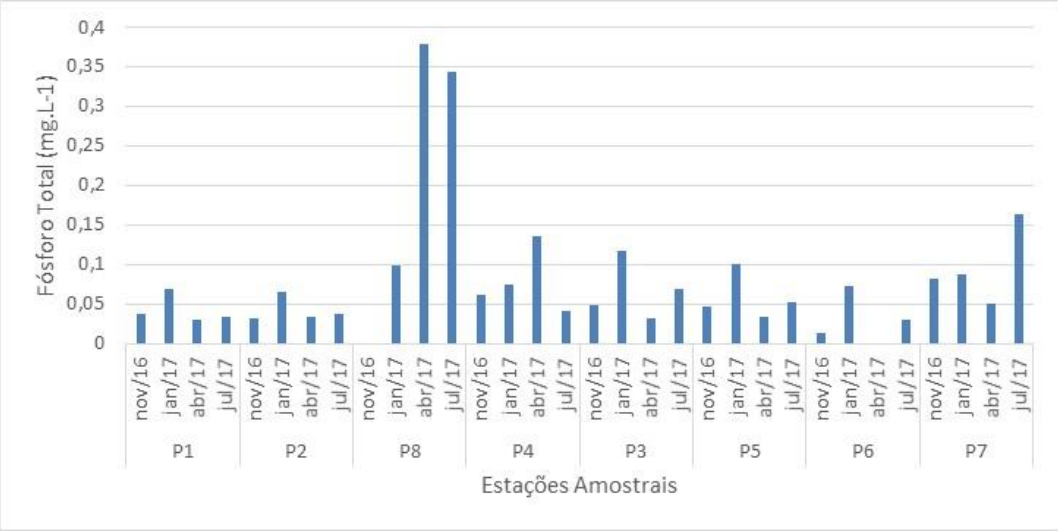


Figura 4.1.7 - Variação de Fósforo Total na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Quanto ao nitrato (Figura 4.1.8) a estação P4 apresentou o maior valor, bastante discrepante. É possível que possa ter ocorrido um erro analítico.

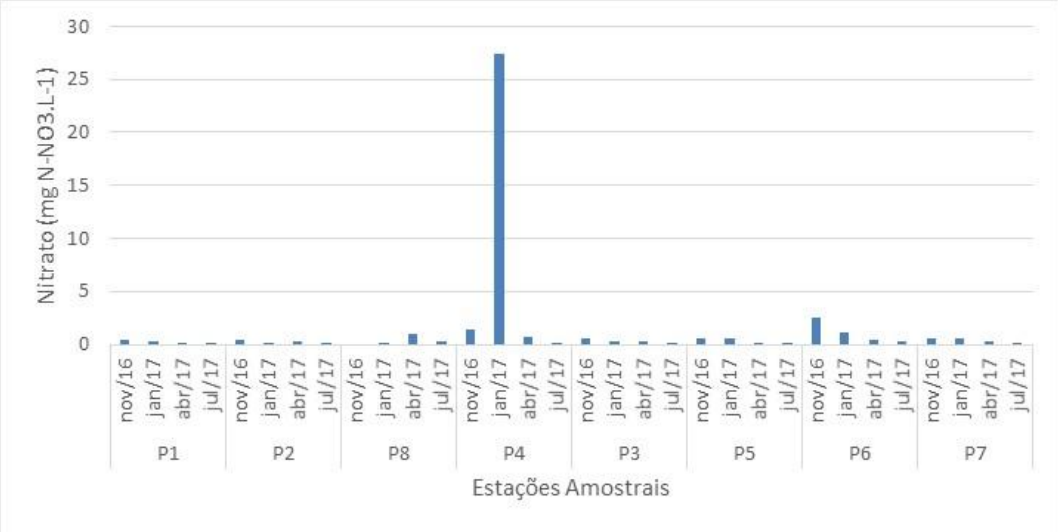


Figura 4.1.8 - Variação de Nitrato na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

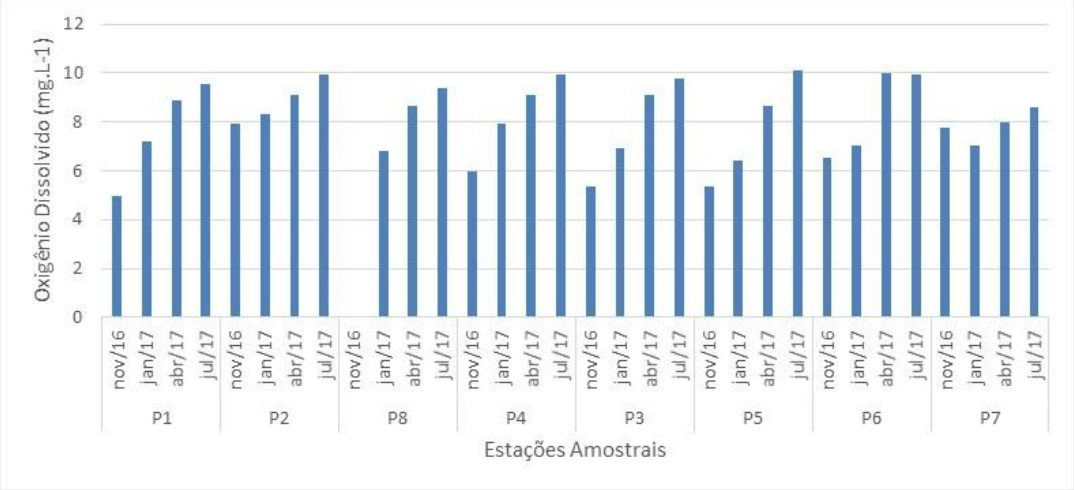


Figura 4.1.9 - Variação de Oxigênio Dissolvido na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.



Figura 4.1.10 - Variação de Sólidos Dissolvidos Totais na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

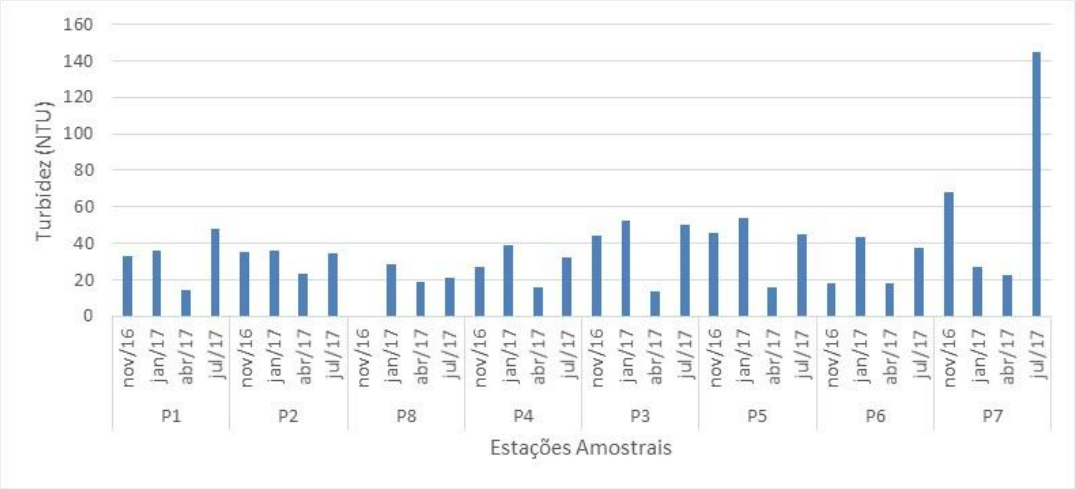


Figura 4.1.11 - Variação da Turbidez da água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

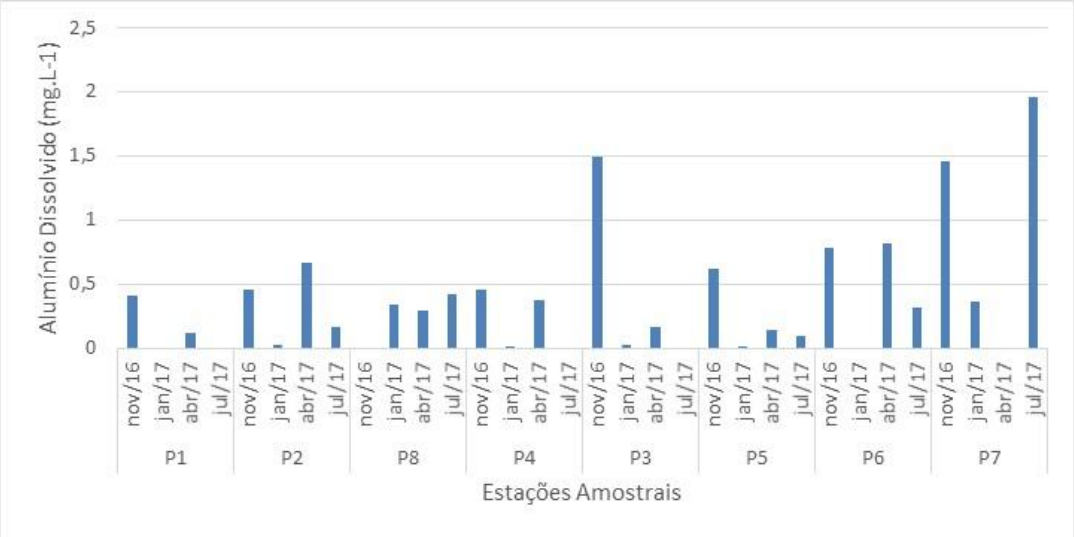


Figura 4.1.12 - Variação do Alumínio Dissolvido na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

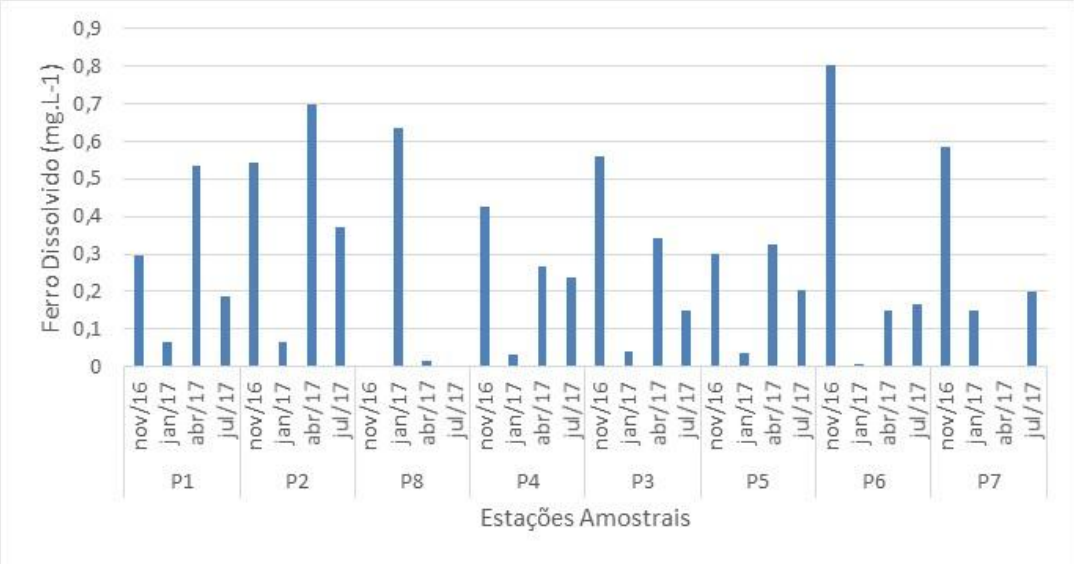


Figura 4.1.13 - Variação do Ferro Dissolvido na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

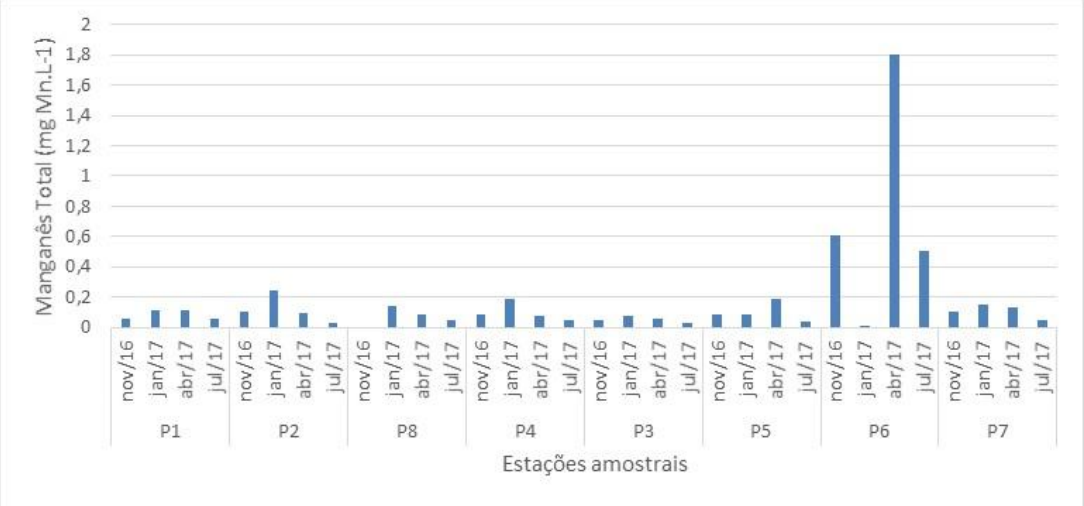


Figura 4.1.14 - Variação do Manganês Total na água no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Índices de Qualidade das Águas

IQA

Para o cálculo do IQA, foi utilizado o método desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), modificado pelo COMITÊSINOS em 1990 para ser utilizado na Região Sul, que incorpora 8 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento (pH, saturação de oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólitos Totais, Fósforo Total, Nitrato, Turbidez e Coliformes Termotolerantes). Abaixo as faixas de qualidade baseadas naquelas utilizadas pela CETESB.

Resultado (IQA)	Faixas de Qualidade
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Aceitável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

Os resultados foram compilados para o Índice de Qualidade de Água (IQA), e apresentados na figura 4.1.15 abaixo. Nota-se somente a estação P7 com classificação aceitável em julho de 2017, devido principalmente aos valores de Coliformes Termotolerantes (4730 NMP.100mL^{-1}) e da Turbidez (145 NTU). As demais foram classificadas como de boa qualidade.

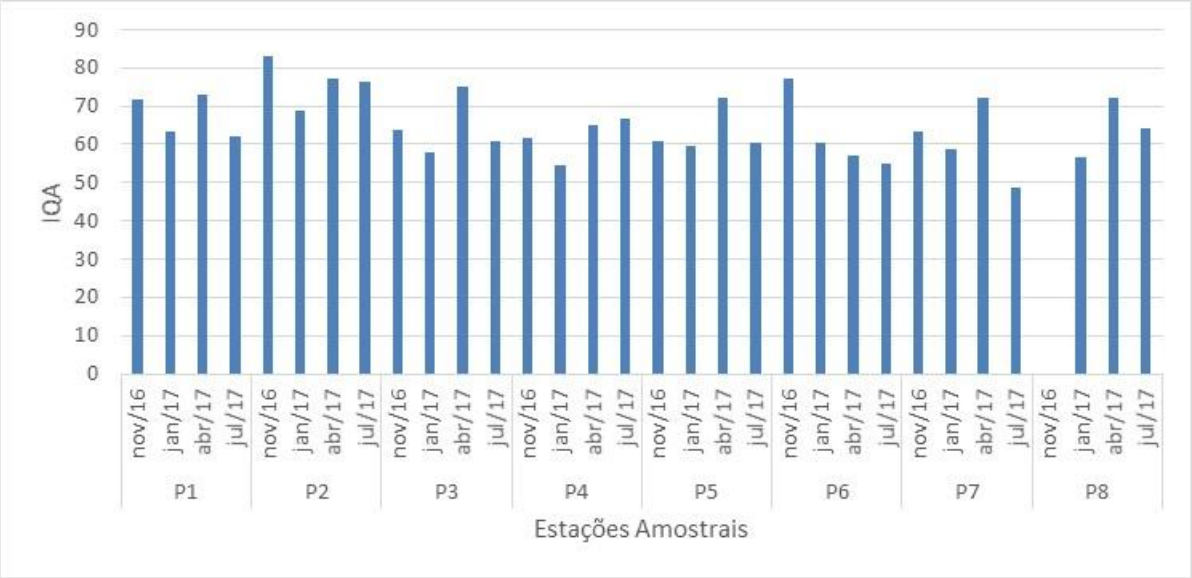


Figura 4.1.15 - Valores registrados do IQA (Índice de Qualidade de Água) para o período de novembro de 2016 a julho de 2017 no sistema.

IPMCA

O IPMCA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral. Leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos (Cádmio total, Cromo total, Cobre, Chumbo total, Mercúrio total, Níquel total, Fenóis totais, Surfactantes e Zinco), seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), CETESB, 2015.

IPMCA	Classificação da água
1	Boa (adequada)
2	Regular
3 e 4	Ruim
> = 5	Péssima (inadequada)

Os resultados apresentados na figura 4.2.16 foram compilados dos quatro trimestres avaliados.

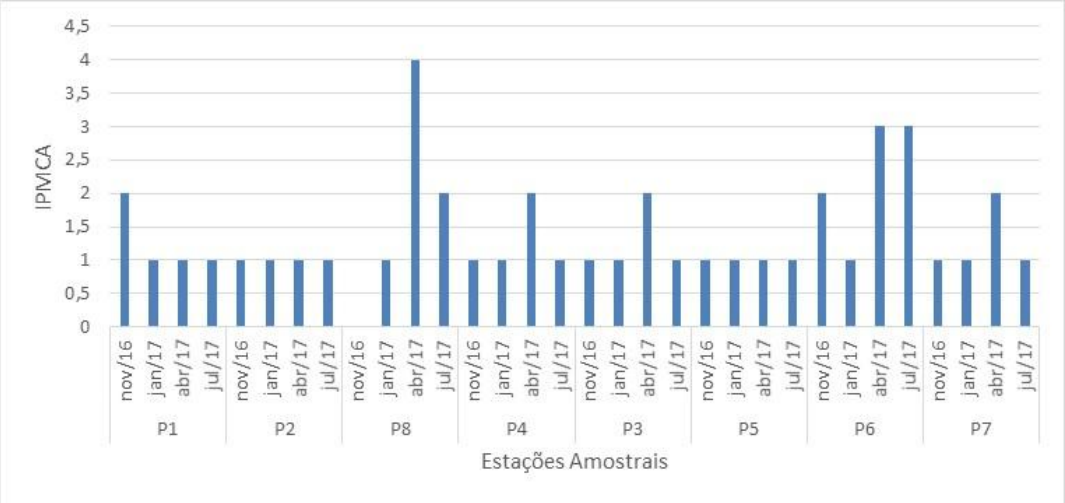


Figura 4.1.16 - Valores registrados do IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das comunidades aquáticas) para o período de novembro de 2016 a julho de 2017 no sistema.

Nota-se a estação P1 classificada como regular em novembro de 2016 devido ao baixo valor do Oxigênio dissolvido e a estação P6 pelo baixo valor de pH.

Já o mês de abril de 2017 foi bastante crítico, com as estações P3, P4 e P7 classificadas como regulares devido principalmente aos valores de fenóis e

mercúrio. P6 apresentou toxicidade aguda e baixo pH e P8 toxicidade e crônica além de fenóis.

Em julho de 2017 foi classificada como de qualidade Ruim (3), a estação P6, principalmente pelo resultado de toxicidade aguda para o peixe *Pimephales promelas*, e de qualidade regular (2) a estação P8 – efluente, pelo resultado do alumínio dissolvido e do pH.

Resultados e Considerações para a Toxicidade da Água

As amostras de águas superficiais coletadas em 8 pontos sobre a influência da área da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, foram encaminhadas para a análise da potencial toxicidade crônica com organismos-teste de 3 diferentes níveis tróficos.

Os ensaios de toxicidade da água superficial foram realizados com as amostras coletadas nos meses de novembro de 2016 e janeiro, abril e julho de 2017 nas Estações Amostrais pré-determinadas na Bacia do Arroio Candiota. A campanha de novembro de 2016 contemplou as 7 estações amostrais (EA) previstas no projeto. Para campanha de janeiro de 2017 foi incluída um ponto extra (1A) na expectativa deste atuar como um ponto de referência. Nas duas campanhas seguintes, abril e julho de 2017 foi incluído a EA8, referente ao ponto de lançamento do efluente da Termelétrica Presidente Médici. Os métodos utilizados para as avaliações estão listados nas tabelas 4.1.8 e 4.1.9.

Tabela 4.1.8 – Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais.

PARÂMETRO	METODOLOGIA/ REFERÊNCIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2015
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2016
Toxicidade crônica com a alga *Pseudokirchneriella subcaptata*	ABNT NBR 12648/2011

Tabela 4.1.9 – Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de sedimento.

PARÂMETRO	***METODOLOGIA/REFERÊNCIA***
Toxicidade caguda e crônica com *Hyalella azteca*	ABNT NBR 15470:2013

Os resultados das análises ecotoxicológicas observados para as amostras de águas superficiais coletadas nas estações amostrais estão apresentados na tabela 4.1.10.

A análise dos resultados mostra ausência de toxicidade aguda e crônica, nas quatro campanhas realizadas, para a maioria das Estações Amostrais. Apenas a P6 (Arroio Poacá - Ponto após contribuição da Sanga da Carvoeira) apresentou toxicidade aguda em duas das quatro campanhas (abril/17 e julho/17). O objetivo dessa estação amostral era avaliar a influência das atividades de mineração de carvão no corpo receptor. Em relação a P8, que visava avaliar a influência do lançamento do efluente da termoelétrica sobre o Arroio Candiota, foi observada uma redução significativa no desenvolvimento das algas na campanha de abril de 2018, indicando toxicidade crônica para esse organismo.

Tabela 4.1.10 - Resultados das análises ecotoxicológicas realizadas nas amostras de águas superficiais coletadas em novembro/2016 (N), janeiro/2017 (J), abril/2017 e julho/2017 (J) nas 7 Estações Amostrais previstas no projeto de monitoramento e nas Estação Amostral adicionais (P1A e P8).

	P1A				P1				P2				P3				P4				P5				P6				P7				P8			
Campanhas	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J	N	J	A	J
Algas	-		-	-																													-	-		
Microcrust.	-		-	-																													-	-		
Peixes	-		-	-																													-	-		

Toxicidade Aguda | Toxicidade Crônica | Nenhum Efeito | - Coleta não realizada

Avaliação Relativa da Qualidade Nas Estações Amostrais - RTR e RTM

Cálculo do RTR (Ratio to Reference)

Ao utilizar o método de razão de referência nas características de estado da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC), buscau-se uma outra avaliação integrada dos componentes, além desses até aqui aplicados. Na aplicação do todas as medidas foram transformadas em valores relativos (RTR – ratio to reference) " aos dados do local de referência, estação amostral 1, na BHAC, expressando o número de vezes que essa medida excede em tamanho àquela esperada sob condições ambientais consideradas satisfatórias.

Sendo a BHAC uma área com diversos usos, torna-se impossível ser estabelecida uma estação amostral que seja totalmente isenta de registros das atividades antropogênicas. Além disso, sua biocomplexidade deve ser considerada devido sua geodiversidade e das características que daí advém (declividades, mineralogia, tipos de solos, topografia, pluviometria, morfometria, etc.) associadas as funções de força das intempéries.

A expectativa era a de que os resultados analíticos, da estação referência P1, fossem completamente diferentes daqueles obtidos para as estações de amostragem estabelecidas na área de estudo.

Antes de efetuar o cálculo RTF foi necessário verificar se todas as medidas da análise respondem diretamente ao grau de degradação ambiental. Caso contrário, seria necessário o processamento das transformações matemáticas, a fim de que esse pré-requisito do método fosse respeitado e as representações desses dados apresentassem a forma em um sistema isométrico.

Visou-se, portanto, a combinação dos dados da água e a origem de um perfil de degradação para cada unidade amostral. Os critérios estabelecidos para a definição das razões de referência partem do princípio de que as concentrações dos químicos em uma estação amostral de referência (local de referência), que deve ser considerada relativamente conservada, são representativas de condições "background".

Os aumentos relativos das concentrações de substâncias químicas, em relação à uma média de referência de uma unidade amostral específica, podem ser usados como evidência ao se considerarmos se essas substâncias têm origem antrópica.

Nas tabelas que seguem apresentam-se os valores de RTR-"ratio to reference" (Tabelas 4.1.11 a 4.1.14), que mostram que parâmetros químicos medidos nos sedimentos, para estações amostrais dentro da calha fluvial da BHAC. Já a figura 4.1.17 mostra a ordenação, relacionada a degradação em cada uma das campanhas, referenciada as estações amostrais.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.11. – Resultado do cálculo da Razão de Referencia (RTR) para a campanha amostral (AE) (novembro de 2016) considerando a estação amostral P1 como local de referência utilizando as variáveis que caracterizam o estado ambiental da água.

Var/Amost	1AE	RTR-1AE	2AE	RTR-2AE	3AE	RTR-3AE	4AE	RTR-4AE	5AE	RTR-5AE	6AE	RTR-6AE	7AE	RTR-7AE
Condutiv	56,350	1,000	39,480	0,701	53,000	0,941	184,500	3,274	102,900	1,826	255,600	4,536	92,800	1,647
Coliform	1,000	1,000	8,600	8,600	200,000	200,000	1190,000	1190,000	310,000	310,000	1,000	1,000	740,000	740,000
Cor	236,000	1,000	230,000	0,975	325,000	1,377	190,000	0,805	323,000	1,369	107,000	0,453	468,000	1,983
DBO	4,000	1,000	3,600	0,900	3,400	0,850	2,800	0,700	7,200	1,800	2,000	0,500	4,800	1,200
Fenois	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000
Fosforo	0,038	1,000	0,032	0,842	0,048	1,263	0,062	1,632	0,047	1,237	0,014	0,368	0,082	2,158
NitAmon	1,670	1,000	0,389	0,233	0,736	0,441	0,404	0,242	1,140	0,683	1,430	0,856	0,340	0,204
Nitrato	0,483	1,000	0,420	0,870	0,592	1,226	1,340	2,774	0,560	1,159	2,500	5,176	0,517	1,070
Al	0,406	1,000	0,455	1,121	1,489	3,667	0,452	1,113	0,622	1,532	0,776	1,911	1,453	3,579
As	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cd	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Pb	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cu	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,007	1,167	0,006	1,000	0,006	1,000
Cr	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000
Fe	0,296	1,000	0,545	1,841	0,560	1,892	0,427	1,443	0,300	1,014	0,804	2,716	0,586	1,980
Mn	0,058	1,000	0,104	1,793	0,049	0,845	0,089	1,534	0,088	1,517	0,612	10,552	0,103	1,776
Hg	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,500	0,000	1,500	0,000	1,000	0,000	1,000
Ni	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,021	21,000	0,002	2,000
Zn	0,011	1,000	0,013	1,182	0,025	2,273	0,031	2,818	0,017	1,545	0,042	3,818	0,025	2,273
O2	4,960	1,000	7,940	1,601	5,360	1,081	5,950	1,200	5,360	1,081	6,550	1,321	7,740	1,560
OleosGrax	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
pH	7,200	1,000	7,400	1,028	7,400	1,028	7,500	1,042	7,800	1,083	5,400	0,750	7,400	1,028
SolDiss	36,000	1,000	26,000	0,722	34,000	0,944	122,000	3,389	66,000	1,833	166,000	4,611	62,000	1,722
Sulfetos	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000
Surfactantes	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000
Temperatura (oC)	21,000	1,000	22,000	1,048	22,000	1,048	24,000	1,143	23,000	1,095	21,000	1,000	21,000	1,000
Turbidez	33,200	1,000	35,100	1,057	44,400	1,337	27,300	0,822	45,800	1,380	18,300	0,551	68,300	2,057
	∑	27,000	∑	35,512	∑	231,212	∑	1225,431	∑	341,821	∑	71,120	∑	777,237
	ART	**1,000**	ART	**0,760**	ART	**0,117**	ART	**0,022**	ART	**0,079**	ART	**0,380**	ART	**0,035**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.12. – Resultado do cálculo da Razão de Referencia (RTR) para a campanha amostral (AF), janeiro de 2017, considerando a estação amostral P1 como local de referência, utilizando as variáveis que caracterizam o estado ambiental da água.

Var/Amost	1AF	RTR-1AF	2AF	RTR-2AF	3AF	RTR-3AF	4AF	RTR-4AF	5AF	RTR-5AF	6AF	RTR-6AF	7AF	RTR-7AF	81AF	RTR-8AF
Condutiv	49,600	1,000	65,200	1,315	54,900	1,107	123,000	2,480	73,200	1,476	208,000	4,194	228,100	4,599	54,800	1,105
Coliform	649,000	1,000	435,000	0,670	921,000	1,419	980,000	1,510	1046,000	1,612	365,000	0,562	1203,000	1,854	2420,000	3,729
Cor	255,000	1,000	252,000	0,988	358,000	1,404	277,000	1,086	410,000	1,608	328,000	1,286	208,000	0,816	211,000	0,827
DBO	5,600	1,000	4,600	0,821	8,800	1,571	4,000	0,714	10,000	1,786	10,000	1,786	10,000	1,786	8,000	1,429
Fenois	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000
Fosforo	0,070	1,000	0,066	0,943	0,117	1,671	0,075	1,071	0,101	1,443	0,072	1,029	0,088	1,257	0,098	1,400
NitAmon	0,769	1,000	0,805	1,047	2,370	3,082	0,572	0,744	0,867	1,127	1,460	1,899	0,553	0,719	0,809	1,052
Nitrato	0,216	1,000	0,203	0,940	0,268	1,241	27,400	126,852	0,588	2,722	1,110	5,139	0,608	2,815	0,215	0,995
Al	0,006	1,000	0,021	3,500	0,018	3,000	0,010	1,667	0,015	2,500	0,006	1,000	0,364	60,667	0,340	56,667
As	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cd	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Pb	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cu	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000
Cr	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000
Fe	0,065	1,000	0,064	0,985	0,041	0,631	0,032	0,492	0,034	0,523	0,006	0,092	0,147	2,262	0,635	9,769
Mn	0,111	1,000	0,241	2,171	0,081	0,730	0,193	1,739	0,088	0,793	0,001	0,009	0,156	1,405	0,146	1,315
Hg	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,001	2,500	0,000	1,000
Ni	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,013	13,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Zn	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,013	2,167	0,007	1,167	0,006	1,000	0,006	1,000	0,010	1,667
O2	7,220	1,000	8,330	1,154	6,910	0,957	7,930	1,098	6,400	0,886	7,010	0,971	7,010	0,971	6,810	0,943
OleosGrax	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
pH	7,800	1,000	7,500	0,962	7,300	0,936	7,500	0,962	7,500	0,962	6,300	0,808	7,300	0,936	7,900	1,013
SolDiss	32,000	1,000	42,000	1,313	34,000	1,063	80,000	2,500	46,000	1,438	136,000	4,250	146,000	4,563	36,000	1,125
Sulfetos	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000	0,002	1,000
Surfactantes	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000
Temperatura (oC)	21,000	1,000	22,000	1,048	22,000	1,048	21,000	1,000	22,000	1,048	25,000	1,190	24,000	1,143	21,000	1,000
Turbidez	36,000	1,000	36,000	1,000	52,300	1,453	38,800	1,078	54,100	1,503	43,600	1,211	27,400	0,761	28,500	0,792
	∑	27,000	∑	30,855	∑	33,312	∑	158,160	∑	33,592	∑	49,425	∑	100,052	∑	95,828
	ART	**1,000**	ART	**0,875**	ART	**0,811**	ART	**0,171**	ART	**0,804**	ART	**0,546**	ART	**0,270**	ART	**0,282**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.13. – Resultado do cálculo da Razão de Referencia (RTR) para a campanha amostral AG, abril de 2017, considerando a estação amostral 1 como local de referência, utilizando as variáveis que caracterizam o estado ambiental da água.

Var/Amost	1AG	RTR-1AG	2AG	RTR-2AG	3AG	RTR-3AG	4AG	RTR-4AG	5AG	RTR-5AG	6AG	RTR-6AG	7AG	RTR-7AG	8AG	RTR-8AG
Condutiv	51,000	1,000	51,000	1,000	58,100	1,139	268,000	5,255	165,000	3,235	762,000	14,941	175,000	3,431	434,000	8,510
Coliform	326,000	1,000	31,000	0,095	2280,000	6,994	52,000	0,160	173,000	0,531	19,000	0,058	222,000	0,681	1,000	0,003
Cor	113,000	1,000	190,000	1,681	404,000	3,575	135,000	1,195	134,000	1,186	159,000	1,407	188,000	1,664	155,000	1,372
DBO	3,000	1,000	3,800	1,267	3,100	1,033	5,000	1,667	4,000	1,333	2,000	0,667	3,000	1,000	6,000	2,000
Fenois	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,121	40,333	0,003	1,000	0,003	1,000	0,111	37,000	0,093	31,000
Fosforo	0,030	1,000	0,034	1,133	0,069	2,300	0,136	4,533	0,033	1,100	0,006	0,200	0,050	1,667	0,378	12,600
NitAmon	0,340	1,000	0,340	1,000	0,397	1,168	0,340	1,000	0,340	1,000	0,969	2,850	0,340	1,000	1,440	4,235
Nitrato	0,191	1,000	0,236	1,236	0,114	0,597	0,664	3,476	0,210	1,099	0,358	1,874	0,292	1,529	1,000	5,236
Al	0,118	1,000	0,669	5,669	0,006	0,051	0,373	3,161	0,136	1,153	0,818	6,932	0,006	0,051	0,291	2,466
As	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cd	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Pb	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cu	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,007	1,167	0,006	1,000	0,006	1,000
Cr	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000
Fe	0,534	1,000	0,698	1,307	0,150	0,281	0,266	0,498	0,324	0,607	0,149	0,279	0,006	0,011	0,013	0,024
Mn	0,118	1,000	0,095	0,805	0,035	0,297	0,073	0,619	0,186	1,576	1,805	15,297	0,130	1,102	0,083	0,703
Hg	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
Ni	0,001	1,000	0,002	2,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,046	46,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Zn	0,006	1,000	0,006	1,000	0,014	2,333	0,012	2,000	0,006	1,000	0,044	7,333	0,012	2,000	0,041	6,833
O2	8,900	1,000	9,120	1,025	9,750	1,096	9,120	1,025	8,670	0,974	10,000	1,124	8,010	0,900	8,670	0,974
OleosGrax	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
pH	7,600	1,000	7,600	1,000	7,400	0,974	8,200	1,079	7,600	1,000	4,300	0,566	7,700	1,013	9,600	1,263
SolDiss	32,000	1,000	32,000	1,000	38,000	1,188	174,000	5,438	102,000	3,188	492,000	15,375	112,000	3,500	286,000	8,938
Sulfetos	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000
Surfactantes	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000
Temperatura (oC)	21,000	1,000	22,000	1,048	13,000	0,619	22,000	1,048	24,000	1,143	21,000	1,000	22,000	1,048	24,000	1,143
Turbidez	14,600	1,000	23,400	1,603	50,300	3,445	15,600	1,068	16,200	1,110	18,200	1,247	22,800	1,562	19,100	1,308
	∑	27,000	∑	33,869	∑	38,089	∑	83,554	∑	32,234	∑	127,316	∑	69,158	∑	98,609
	ART	**1,000**	ART	**0,797**	ART	**0,709**	ART	**0,323**	ART	**0,838**	ART	**0,212**	ART	**0,390**	ART	**0,274**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.14 – Resultado do cálculo da Razão de Referencia (RTR) para a campanha amostral (AH), julho de 2017 considerando a estação amostral 1 como local de referência, utilizando as variáveis que caracterizam o estado ambiental da água.

Var/Amost	1AH	RTR-1AH	2AH	RTR-2AH	3AH	RTR-3AH	4AH	RTR-4AH	5AH	RTR-AH	6AH	RTR-6AH	7AG	RTR-7AH	8AH	RTR-8AH
Condutiv	47,900	1,000	47,400	0,990	58,100	1,213	65,200	1,361	68,000	1,420	293,900	6,136	175,000	3,653	299,200	6,246
Coliform	2420,000	1,000	81,600	0,034	2280,000	0,942	276,000	0,114	1733,000	0,716	110,000	0,045	222,000	0,092	194,000	0,080
Cor	392,000	1,000	263,000	0,671	404,000	1,031	247,000	0,630	373,000	0,952	302,000	0,770	188,000	0,480	172,000	0,439
DBO	2,000	1,000	2,000	1,000	3,100	1,550	4,800	2,400	4,100	2,050	2,000	1,000	3,000	1,500	2,000	1,000
Fenois	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,048	16,000	0,003	1,000	0,111	37,000	0,003	1,000
Fosforo	0,034	1,000	0,037	1,088	0,069	2,029	0,042	1,235	0,053	1,559	0,030	0,882	0,050	1,471	0,343	10,088
NitAmon	0,507	1,000	0,340	0,671	0,397	0,783	0,676	1,333	0,340	0,671	0,774	1,527	0,340	0,671	0,602	1,187
Nitrato	0,157	1,000	0,181	1,153	0,114	0,726	0,213	1,357	0,143	0,911	0,348	2,217	0,292	1,860	0,321	2,045
Al	0,006	1,000	0,159	26,500	0,006	1,000	0,006	1,000	0,097	16,167	0,318	53,000	0,006	1,000	0,415	69,167
As	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cd	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Pb	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000	0,004	1,000
Cu	0,006	1,000	0,013	2,167	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000	0,006	1,000
Cr	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000	0,003	1,000
Fe	0,185	1,000	0,370	2,000	0,150	0,811	0,238	1,286	0,205	1,108	0,165	0,892	0,006	0,032	0,006	0,032
Mn	0,054	1,000	0,034	0,630	0,035	0,648	0,045	0,833	0,043	0,796	0,503	9,315	0,130	2,407	0,051	0,944
Hg	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
Ni	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,001	1,000	0,019	19,000	0,001	1,000	0,001	1,000
Zn	0,013	1,000	0,014	1,077	0,014	1,077	0,017	1,308	0,014	1,077	0,033	2,538	0,012	0,923	0,045	3,462
O2	9,560	1,000	9,940	1,040	9,750	1,020	9,940	1,040	10,100	1,056	9,940	1,040	8,010	0,838	9,370	0,980
OleosGrax	1,000	1,000	1,230	1,230	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
pH	7,300	1,000	7,300	1,000	7,400	1,014	7,800	1,068	7,500	1,027	6,400	0,877	7,700	1,055	9,400	1,288
SolDiss	32,000	1,000	30,000	0,938	38,000	1,188	42,000	1,313	44,000	1,375	190,000	5,938	112,000	3,500	194,000	6,063
Sulfetos	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000
Surfactantes	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000	0,100	1,000
Temperatura (oC)	12,000	1,000	15,000	1,250	13,000	1,083	12,000	1,000	14,000	1,167	14,000	1,167	22,000	1,833	17,000	1,417
Turbidez	48,100	1,000	34,200	0,711	50,300	1,046	32,100	0,667	44,800	0,931	37,400	0,778	22,800	0,474	20,900	0,435
	∑	27,000	∑	53,147	∑	28,160	∑	28,946	∑	58,982	∑	117,120	∑	68,789	∑	115,872
	ART	1,000	ART	0,508	ART	0,959	ART	0,933	ART	0,458	ART	0,231	ART	0,393	ART	0,233

1AE	2AE	6AE	3AE	5AE	7AE	4AE	
1,000	0,760	0,380	0,117	0,079	0,035	0,022	
1AF	2AF	3AF	5AF	6AF	1aAF	7AF	4AF
1,000	0,875	0,811	0,804	0,546	0,282	0,270	0,171
1AG	5AG	2AG	3AG	7AG	4AG	8AG	6AG
1,000	0,838	0,797	0,709	0,390	0,323	0,274	0,212
1AH	3AH	4AH	2AH	5AH	7AH	8AH	6AH
1,000	0,959	0,933	0,508	0,458	0,393	0,233	0,231

Figura 4.1.17 - Ordenação segundo o valor agregado de referência (ART) que informa a diferença entre o local de referencia (estação 1) individualmente e de maneira relativa e as outras estações amostrais em cada uma das campanhas amostrais.

Calculo do RTM - Ratio to Maximum Value.

Este índice relaciona o somatório da razão para o valor máximo encontrado individualmente por cada variável na campanha amostral.

A composição dos valores de RTM (relação de máximo valor) fornece informações visuais úteis, pois esses podem ser plotados em eixos com origem comum. Dessa forma, uma medida relativa da degradação pode ser obtida calculando-se:

$$\mathbf{RTM = V_{yi} / V_{my}}$$

Integrando os Valores de RTM:

$$\mathbf{In_{max} = \Sigma RTM_i / n}$$

Onde:

Y = variável avaliada;

i = estação de amostragem;

V_{yi} =variável y na estação amostral i

V_{my} = valor máximo da variável na campanha amostral

n é o número de variáveis consideradas

Nas tabelas 4.1.15 até 4.1.18 apresenta-se o cálculo para cada campanha usando, somente, as variáveis que caracterizaram o estado da qualidade da água na BHAC.

O cálculo foi realizado para cada local de amostragem e para todas as campanhas.

Já na figura 4.1.18, apresenta-se a ordenação do sentido de aumento da degradação da qualidade segundo o calculo do RTM.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.15 - Cálculo do RTM para a campanha AE (novembro de 2016) mostrando a ordenação das estações amostrais de acordo com a qualidade relativa da água, com base em suas variáveis medidas neste estudo. A linhas laranja apontam aquelas variáveis que não entraram no cálculo por mostrarem-se pouco influentes e pouco dependentes.

Var/Amost	1AE	RTM-1AE	2AE	RTM-2AE	3AE	RTM-3AE	4AE	RTM-4AE	5AE	RTM-5AE	6AE	RTM-6AE	7AE	RTR-7AE
Condutiv	56,350	0,074	39,480	0,052	53,000	0,070	184,500	0,242	102,900	0,135	255,600	0,335	92,800	0,122
Coliform	1,000	0,000	8,600	0,002	200,000	0,042	1190,000	0,252	310,000	0,066	1,000	0,000	740,000	0,156
Cor	236,000	0,184	230,000	0,180	325,000	0,254	190,000	0,148	323,000	0,252	107,000	0,084	468,000	0,366
DBO	4,000	0,400	3,600	0,360	3,400	0,340	2,800	0,280	7,200	0,720	2,000	0,200	4,800	0,480
Fenois	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023
Fosforo	0,038	0,101	0,032	0,085	0,048	0,127	0,062	0,164	0,047	0,124	0,014	0,037	0,082	0,217
NitAmon	1,670	0,705	0,389	0,164	0,736	0,311	0,404	0,170	1,140	0,481	1,430	0,603	0,340	0,143
Nitrato	0,483	0,018	0,420	0,015	0,592	0,022	1,340	0,049	0,560	0,020	2,500	0,091	0,517	0,019
Al	0,406	0,208	0,455	0,233	1,489	0,763	0,452	0,232	0,622	0,319	0,776	0,398	1,453	0,744
As	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cd	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Pb	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cu	0,006		0,006		0,006		0,006		0,007		0,006		0,006	
Cr	0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003	
Fe	0,296	0,368	0,545	0,678	0,560	0,697	0,427	0,531	0,300	0,373	0,804	1,000	0,586	0,729
Mn	0,058	0,032	0,104	0,058	0,049	0,027	0,089	0,049	0,088	0,049	0,612	0,339	0,103	0,057
Hg	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,600	0,000	0,600	0,000	0,400	0,000	0,400
Ni	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,021	0,457	0,002	0,043
Zn	0,011	0,244	0,013	0,289	0,025	0,556	0,031	0,689	0,017	0,378	0,042	0,933	0,025	0,556
O2	4,960	0,491	7,940	0,786	5,360	0,531	5,950	0,589	5,360	0,531	6,550	0,649	7,740	0,766
OleosGrax	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813
pH	7,200	0,750	7,400	0,771	7,400	0,771	7,500	0,781	7,800	0,813	5,400	0,563	7,400	0,771
SolDiss	36,000	0,073	26,000	0,053	34,000	0,069	122,000	0,248	66,000	0,134	166,000	0,337	62,000	0,126
Sulfetos	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031
Surfactantes	0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100	
Temperatura (oC	21,000	0,840	22,000	0,880	22,000	0,880	24,000	0,960	23,000	0,920	21,000	0,840	21,000	0,840
Turbidez	33,200	0,229	35,100	0,242	44,400	0,306	27,300	0,188	45,800	0,316	18,300	0,126	68,300	0,471
	∑	6,006	∑	6,136	∑	7,053	∑	7,062	∑	7,119	∑	8,259	∑	7,874
	Inmax	0,286017	Inmax	0,292184	Inmax	0,335849	Inmax	0,336289	Inmax	0,339014	Inmax	0,3933	Inmax	0,374952

Tabela 4.1.16 - Cálculo do RTM para a campanha AF (janeiro de 2017) mostrando a ordenação das estações amostrais de acordo com a qualidade relativa da água, com base em suas variáveis medidas neste estudo. A linhas laranja apontam aquelas variáveis que não entraram no cálculo por mostrarem-se pouco influentes e pouco dependentes.

Var/Amost	1AF	RTM-1AF	2AF	RTM-2AF	3AF	RTM-3AF	4AF	RTM-4AF	5AF	RTM-5AF	6AF	RTM-6AF	7AF	RTM-7AF	81AF	RTM-8AF
Condutiv	49,600	0,065	65,200	0,086	54,900	0,072	123,000	0,161	73,200	0,096	208,000	0,273	228,100	0,299	54,800	0,072
Coliform	649,000	0,137	435,000	0,092	921,000	0,195	980,000	0,207	1046,000	0,221	365,000	0,077	1203,000	0,254	2420,000	0,512
Cor	255,000	0,199	252,000	0,197	358,000	0,280	277,000	0,216	410,000	0,320	328,000	0,256	208,000	0,163	211,000	0,165
DBO	5,600	0,560	4,600	0,460	8,800	0,880	4,000	0,400	10,000	1,000	10,000	1,000	10,000	1,000	8,000	0,800
Fenois	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023
Fosforo	0,070	0,185	0,066	0,175	0,117	0,310	0,075	0,198	0,101	0,267	0,072	0,190	0,088	0,233	0,098	0,259
NitAmon	0,769	0,324	0,805	0,340	2,370	1,000	0,572	0,241	0,867	0,366	1,460	0,616	0,553	0,233	0,809	0,341
Nitrato	0,216	0,008	0,203	0,007	0,268	0,010	27,400	1,000	0,588	0,021	1,110	0,041	0,608	0,022	0,215	0,008
Al	0,006	0,003	0,021	0,011	0,018	0,009	0,010	0,005	0,015	0,008	0,006	0,003	0,364	0,186	0,340	0,174
As	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cd	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Pb	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cu	0,006		0,006		0,006		0,006		0,006		0,006		0,006		0,006	
Cr	0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003	
Fe	0,065	0,081	0,064	0,080	0,041	0,051	0,032	0,040	0,034	0,042	0,006	0,007	0,147	0,183	0,635	0,790
Mn	0,111	0,061	0,241	0,134	0,081	0,045	0,193	0,107	0,088	0,049	0,001	0,001	0,156	0,086	0,146	0,081
Hg	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,001	1,000	0,000	0,400
Ni	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,013	0,283	0,001	0,022	0,001	0,022
Zn	0,006	0,133	0,006	0,133	0,006	0,133	0,013	0,289	0,007	0,156	0,006	0,133	0,006	0,133	0,010	0,222
O2	7,220	0,715	8,330	0,825	6,910	0,684	7,930	0,785	6,400	0,634	7,010	0,694	7,010	0,694	6,810	0,674
OleosGrax	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813
pH	7,800	0,813	7,500	0,781	7,300	0,760	7,500	0,781	7,500	0,781	6,300	0,656	7,300	0,760	7,900	0,823
SolDiss	32,000	0,065	42,000	0,085	34,000	0,069	80,000	0,163	46,000	0,093	136,000	0,276	146,000	0,297	36,000	0,073
Sulfetos	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031	0,002	0,031
Surfactantes	0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100	
Temperatura (oC)	21,000	0,840	22,000	0,880	22,000	0,880	21,000	0,840	22,000	0,880	25,000	1,000	24,000	0,960	21,000	0,840
Turbidez	36,000	0,248	36,000	0,248	52,300	0,361	38,800	0,268	54,100	0,373	43,600	0,301	27,400	0,189	28,500	0,197
	∑	5,728	∑	5,822	∑	7,028	∑	6,991	∑	6,597	∑	7,075	∑	7,583	∑	7,320
	Inmax	0,272741	Inmax	0,277239	Inmax	0,334649	Inmax	0,332913	Inmax	0,314136	Inmax	0,336914	Inmax	0,361088	Inmax	0,348567

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.17 - Cálculo do RTM para a campanha AG (abril de 2017) mostrando a ordenação das estações amostrais de acordo com a qualidade relativa da água, com base em suas variáveis medidas neste estudo. A linhas laranja apontam aquelas variáveis que não entraram no cálculo por mostrarem-se pouco influentes e pouco dependentes.

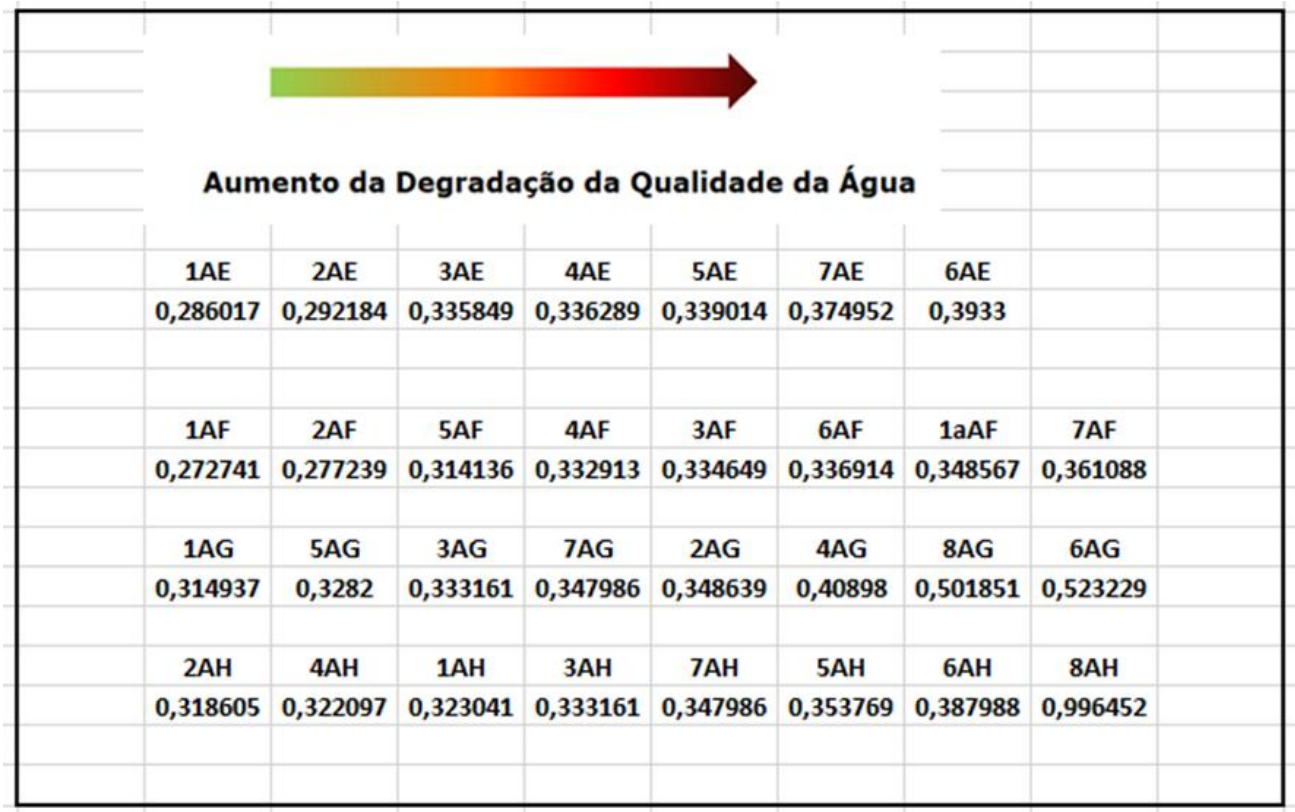
Var/Amost	1AG	RTM-1AG	2AG	RTM-2AG	3AG	RTM-3AG	4AG	RTM-4AG	5AG	RTM-5AG	6AG	RTM-6AG	7AG	RTM-7AG	8AG	RTM-8AG
Condutiv	51,000	0,067	51,000	0,067	58,100	0,076	268,000	0,352	165,000	0,217	762,000	1,000	175,000	0,230	434,000	0,570
Coliform	326,000	0,069	31,000	0,007	2280,000	0,482	52,000	0,011	173,000	0,037	19,000	0,004	222,000	0,047	1,000	0,000
Cor	113,000	0,088	190,000	0,148	404,000	0,316	135,000	0,105	134,000	0,105	159,000	0,124	188,000	0,147	155,000	0,121
DBO	3,000	0,300	3,800	0,380	3,100	0,310	5,000	0,500	4,000	0,400	2,000	0,200	3,000	0,300	6,000	0,600
Fenois	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,121	0,931	0,003	0,023	0,003	0,023	0,111	0,854	0,093	0,715
Fosforo	0,030	0,079	0,034	0,090	0,069	0,183	0,136	0,360	0,033	0,087	0,006	0,016	0,050	0,132	0,378	1,000
NitAmon	0,340	0,143	0,340	0,143	0,397	0,168	0,340	0,143	0,340	0,143	0,969	0,409	0,340	0,143	1,440	0,608
Nitrato	0,191	0,007	0,236	0,009	0,114	0,004	0,664	0,024	0,210	0,008	0,358	0,013	0,292	0,011	1,000	0,036
Al	0,118	0,060	0,669	0,343	0,006	0,003	0,373	0,191	0,136	0,070	0,818	0,419	0,006	0,003	0,291	0,149
As	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cd	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Pb	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cu	0,006		0,006		0,006		0,006		0,006		0,007		0,006		0,006	
Cr	0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003	
Fe	0,534	0,664	0,698	0,868	0,150	0,187	0,266	0,331	0,324	0,403	0,149	0,185	0,006	0,007	0,013	0,016
Mn	0,118	0,065	0,095	0,053	0,035	0,019	0,073	0,040	0,186	0,103	1,805	1,000	0,130	0,072	0,083	0,046
Hg	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400
Ni	0,001	0,022	0,002	0,043	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,046	1,000	0,001	0,022	0,001	0,022
Zn	0,006	0,133	0,006	0,133	0,014	0,311	0,012	0,267	0,006	0,133	0,044	0,978	0,012	0,267	0,041	0,911
O2	8,900	0,881	9,120	0,903	9,750	0,965	9,120	0,903	8,670	0,858	10,000	0,990	8,010	0,793	8,670	0,858
OleosGrax	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813
pH	7,600	0,792	7,600	0,792	7,400	0,771	8,200	0,854	7,600	0,792	4,300	0,448	7,700	0,802	9,600	1,000
SolDiss	32,000	0,065	32,000	0,065	38,000	0,077	174,000	0,354	102,000	0,207	492,000	1,000	112,000	0,228	286,000	0,581
Sulfetos	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000
Surfactantes	0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100	
Temperatura (oC)	21,000	0,840	22,000	0,880	13,000	0,520	22,000	0,880	24,000	0,960	21,000	0,840	22,000	0,880	24,000	0,960
Turbidez	14,600	0,101	23,400	0,161	50,300	0,347	15,600	0,108	16,200	0,112	18,200	0,126	22,800	0,157	19,100	0,132
	∑	6,614	∑	7,321	∑	6,996	∑	8,589	∑	6,892	∑	10,988	∑	7,308	∑	10,539
	Inmax	0,314937	Inmax	0,348639	Inmax	0,333161	Inmax	0,40898	Inmax	0,3282	Inmax	0,523229	Inmax	0,347986	Inmax	0,501851

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.18 - Cálculo do RTM para a campanha AH (julho de 2017) mostrando a ordenação das estações amostrais de acordo com a qualidade relativa da água, com base em suas variáveis medidas neste estudo. A linhas laranja apontam aquelas variáveis que não entraram no cálculo por mostrarem-se pouco influentes e pouco dependentes.

Var/Amost	1AH	RTM-1AH	2AH	RTM-2AH	3AH	RTM-3AH	4AH	RTR-4AH	5AH	RTM-AH	6AH	RTM-6AH	7AG	RTM-7AH	8AH	RTM-8AH
Condutiv	47,900	0,063	47,400	0,062	58,100	0,076	65,200	0,086	68,000	0,089	293,900	0,386	175,000	0,230	299,200	6,800
Coliform	2420,000	0,512	81,600	0,017	2280,000	0,482	276,000	0,058	1733,000	0,366	110,000	0,023	222,000	0,047	194,000	4,409
Cor	392,000	0,306	263,000	0,205	404,000	0,316	247,000	0,193	373,000	0,291	302,000	0,236	188,000	0,147	172,000	3,909
DBO	2,000	0,200	2,000	0,200	3,100	0,310	4,800	0,480	4,100	0,410	2,000	0,200	3,000	0,300	2,000	0,045
Fenois	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,003	0,023	0,048	0,369	0,003	0,023	0,111	0,854	0,003	0,000
Fosforo	0,034	0,090	0,037	0,098	0,069	0,183	0,042	0,111	0,053	0,140	0,030	0,079	0,050	0,132	0,343	0,008
NitAmon	0,507	0,214	0,340	0,143	0,397	0,168	0,676	0,285	0,340	0,143	0,774	0,327	0,340	0,143	0,602	0,014
Nitrato	0,157	0,006	0,181	0,007	0,114	0,004	0,213	0,008	0,143	0,005	0,348	0,013	0,292	0,011	0,321	0,007
Al	0,006	0,003	0,159	0,081	0,006	0,003	0,006	0,003	0,097	0,050	0,318	0,163	0,006	0,003	0,415	0,009
As	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cd	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Pb	0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004		0,004	
Cu	0,006		0,013		0,006		0,006		0,006		0,006		0,006		0,006	
Cr	0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003		0,003	
Fe	0,185	0,230	0,370	0,460	0,150	0,187	0,238	0,296	0,205	0,255	0,165	0,205	0,006	0,007	0,006	0,000
Mn	0,054	0,030	0,034	0,019	0,035	0,019	0,045	0,025	0,043	0,024	0,503	0,279	0,130	0,072	0,051	0,001
Hg	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,400	0,000	0,000
Ni	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,001	0,022	0,019	0,413	0,001	0,022	0,001	0,000
Zn	0,013	0,289	0,014	0,311	0,014	0,311	0,017	0,378	0,014	0,311	0,033	0,733	0,012	0,267	0,045	0,001
O2	9,560	0,947	9,940	0,984	9,750	0,965	9,940	0,984	10,100	1,000	9,940	0,984	8,010	0,793	9,370	0,213
OleosGrax	1,000	0,813	1,230	1,000	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,813	1,000	0,023
pH	7,300	0,760	7,300	0,760	7,400	0,771	7,800	0,813	7,500	0,781	6,400	0,667	7,700	0,802	9,400	0,214
SolDiss	32,000	0,065	30,000	0,061	38,000	0,077	42,000	0,085	44,000	0,089	190,000	0,386	112,000	0,228	194,000	4,409
Sulfetos	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	1,000	0,064	0,001
Surfactantes	0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100		0,100	
Temperatura (oC)	12,000	0,480	15,000	0,600	13,000	0,520	12,000	0,480	14,000	0,560	14,000	0,560	22,000	0,880	17,000	0,386
Turbidez	48,100	0,332	34,200	0,236	50,300	0,347	32,100	0,221	44,800	0,309	37,400	0,258	22,800	0,157	20,900	0,475
	∑	6,784	∑	6,691	∑	6,996	∑	6,764	∑	7,429	∑	8,148	∑	7,308	∑	20,925
	Inmax	0,323041	Inmax	0,318605	Inmax	0,333161	Inmax	0,322097	Inmax	0,353769	Inmax	0,387988	Inmax	0,347986	Inmax	0,996452

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



Aumento da Degradação da Qualidade da Água

1AE	2AE	3AE	4AE	5AE	7AE	6AE	
0,286017	0,292184	0,335849	0,336289	0,339014	0,374952	0,3933	
1AF	2AF	5AF	4AF	3AF	6AF	1aAF	7AF
0,272741	0,277239	0,314136	0,332913	0,334649	0,336914	0,348567	0,361088
1AG	5AG	3AG	7AG	2AG	4AG	8AG	6AG
0,314937	0,3282	0,333161	0,347986	0,348639	0,40898	0,501851	0,523229
2AH	4AH	1AH	3AH	7AH	5AH	6AH	8AH
0,318605	0,322097	0,323041	0,333161	0,347986	0,353769	0,387988	0,996452

Figura 4.1.18 - Sentido da degradação das condições da qualidade da água relacionando as estações amostrais e implícito a suas geografias. AE = novembro de 2016, AF = janeiro de 2017, AG = abril de 2017, AH = julho de 2017. 1aAF = estação que representaria a condição de referência a montante da estação 1 e que foi descartada no decorrer do monitoramento.

A figura 4.1.18 mostra a degradação ambiental do sistema da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, cujos valores representados são os resultados dos cálculos do RTM, e estão logo abaixo do nome da estação amostral. Quanto mais próximo do valor 1, menor a qualidade. Lembra-se que essa qualidade é relativa para a BHAC, cujo local de referência é a estação 1.

A seta indica o sentido da DEGRADAÇÃO, evidenciado por cada variável medida que caracterizaram a situação ambiental da água nos períodos amostrais.

Chama a atenção o fato da estação 1, aquela estabelecida como referência, estar nas três primeiras campanhas AE, AF, e AG como em melhor situação do que as outras, portanto, sendo referência, mas não "ponto branco".

Além disso, percebe-se que a estação amostral 8 (efluente liquido da Térmica), que só se iniciou a coletar a partir da campanha AG, oscila na classificação com a estação amostral 6 (saída da mineração).

Já a estação 7 oscila na classificação, uma vez que sofre a influência dos múltiplos usos da BHAC.

Um fato importante que muda claramente o cenário hídrico é a abertura da comporta em períodos de cheia, sendo que as variáveis mostram uma melhor qualidade das águas, dispersando os poluentes. Essa condição aconteceu em julho de 2017, portanto, os dados da Campanha AH estão vinculados a esse evento.

As figuras 4.1.19 a 4.1.22 mostram os valores de In_{max}, que representam a media dos RTM para a estação naquela campanha em especial.

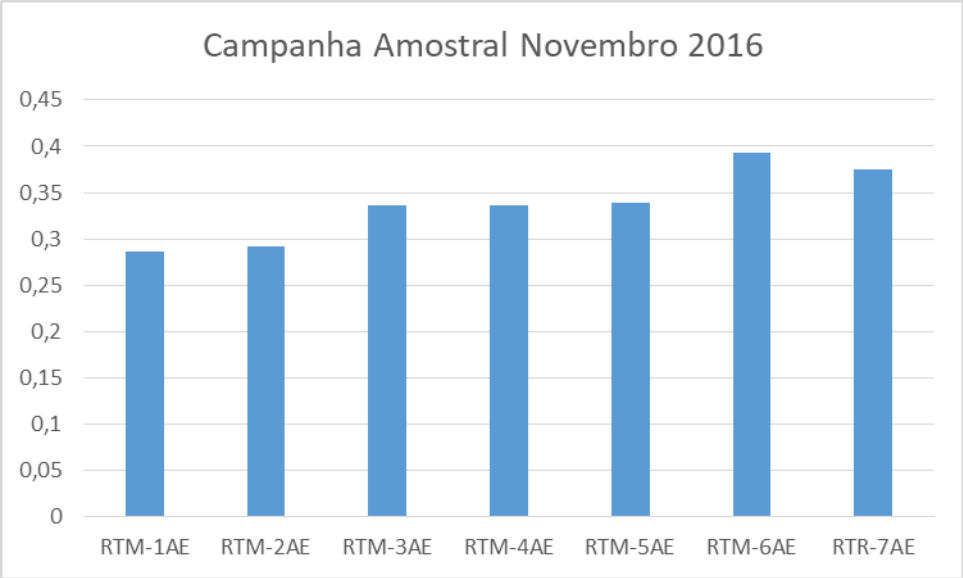


Figura 4.1.19 - Os valores de In_{Max} com base no RTM ao longo da calha fluvial do Arroio Candiota, na campanha amostral novembro de 2016. Quanto maior o valor pior a caracterização da qualidade.

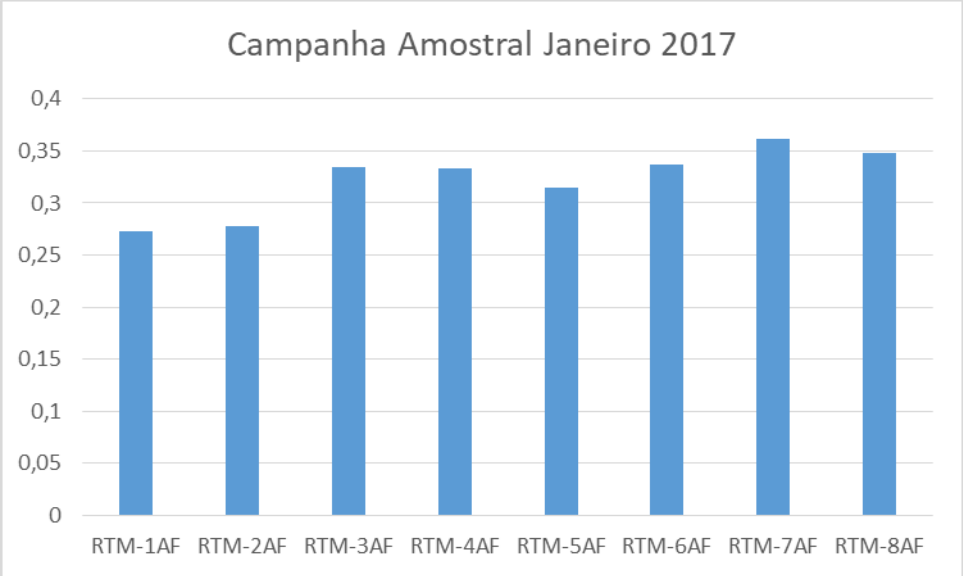


Figura 4.1.20 - Os valores de In_{Max} com base no RTM ao longo da calha fluvial do Arroio Candiota, na campanha amostral AF de janeiro de 2017. Quanto maior o valor pior a caracterização da qualidade.

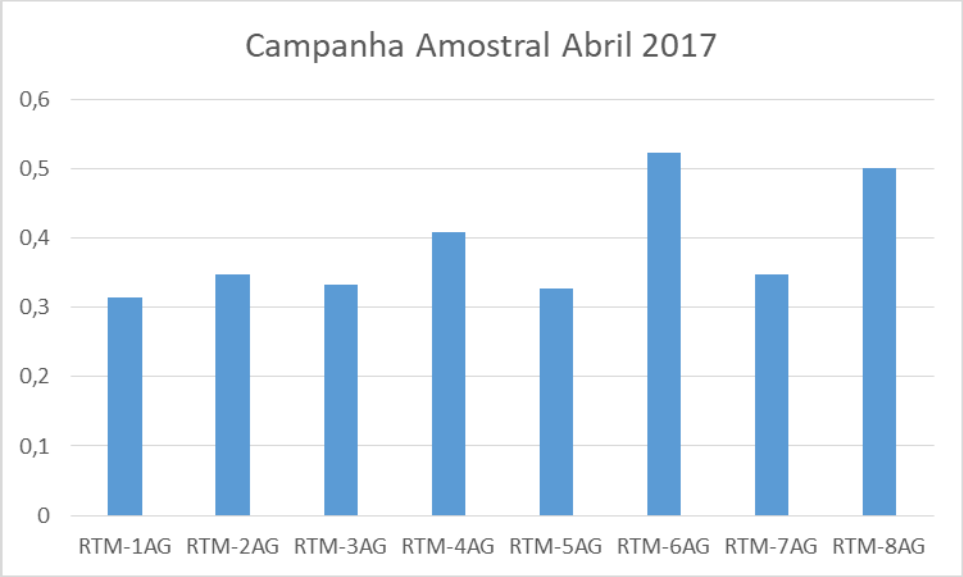


Figura 4.1.21 - Os valores de In_{Max} com base no RTM ao longo da calha fluvial do Arroio Candiota, na campanha amostral AG de abril de 2017. Quanto maior o valor pior a caracterização da qualidade.

Observa-se, na figura 4.1.22, que a campanha de julho de 2017 (AH) foi caracterizada pela abertura da comporta do reservatório (fonte fria da usina termelétrica) cuja onda de cheia praticamente substituiu as águas da calha fluvial. Isso se refletiu em toda a bacia e em outros compartimentos do conhecimento desenvolvidos neste relatório, metais nos sedimentos, por exemplo.

Essa onda de cheia atua como uma verdadeira remoção de águas e sedimentos, erodindo e transportando materiais para mais a jusante da área estudada, atuando como um distúrbio ambiental.

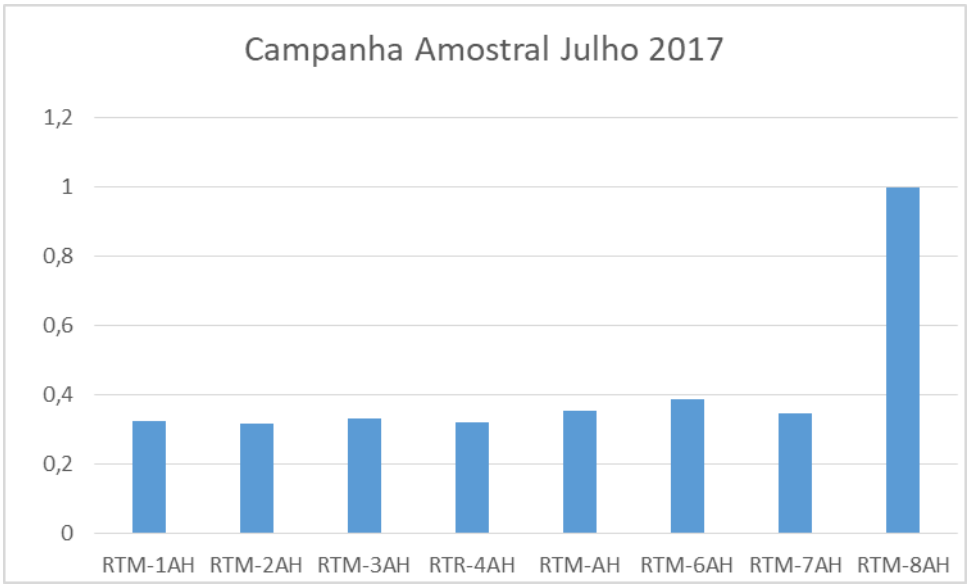


Figura 4.1.22 - Os valores de In_{Max} com base no RTM ao longo da calha fluvial do Arroio Candiota, na campanha amostral AH de julho de 2017. Quanto maior o valor pior a caracterização da qualidade.

Considerações Finais

A qualidade da água é afetada pelos muitos contatos com substâncias durante seu movimento através do ciclo hidrológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota. A água dissolve uma grande variedade de minerais, nutrientes e outras substâncias de solos, rochas e da atmosfera, e carrega-os em solução. Lagos, córregos e águas subterrâneas acumulam estas substancias dissolvidas e refletem as características distintas dos solos da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, a geologia e uso do solo.

As atividades humanas também estão mudando a composição da água de escoamento superfícial e das águas subterrâneas. A água do Candiota tem sido vulnerável à contaminação em todos os pontos do seu ciclo hidrológico, e todos os caminhos que transportam a água também transportam contaminantes. Haja visto os efluentes existente, líquidos, aéreos, sólidos gerados pelos multiusos existentes.

Muitas práticas do passado, especialmente para eliminação de resíduos, que não eram conhecidos naquela época (passivos ambientais), geraram impactos adversos na qualidade da água e passam a serem problemas de contaminação duradouros, altas taxas de residências, bota fora de minas por exemplo, depósitos mineiros tanto de estéreis como de minérios.

As classificações obtidas das águas superficiais são designações aplicadas a corpos d'água de superfície, como correntes, arroios, córregos e lagos, que definem os melhores usos para serem protegidos nessas águas. Indus um conjunto associado de padrões de qualidade da água para proteger esses usos.

O que chama a atenção de forma marcante é a condutividade das águas do Arroio Candiota, bem como as suas inter-relações com outras variáveis, Mn, Ni, Zn, Sólidos dissolvidos e Turbidez.

A contaminação difusa na calha fluvial do Arroio Candiota e seus afluentes, resulta da liberação de uma variedade de substâncias em diferentes situações. Incluindo:

- ✓ Nutrientes como o nitrogênio e o fósforo por aplicação excessiva de fertilizantes e adubos;
- ✓ Coliformes fecais e outros agentes patogênicos de gado e de sobrecarga e sistemas de drenagem conectados;
- ✓ Partículas de solo provenientes de culturas vegetais e pecuárias, erosão de terras altas, silvicultura, áreas urbanas e locais de construção e demolição de pontilhões como é ocaso da estação amostral 6 e estação amostral 4;
- ✓ Pesticidas, medicamentos veterinários e biocidas industriais, legalizados e clandestinos, este ultimo facilitado pela proximidade da fronteira com o Uruguai, municipais e usos agrícolas, armazenamento e manipulação precários e a sua escorrência;
- ✓ Resíduos orgânicos (lodos, licor de silagem, culturas, lodo de esgoto e resíduos industriais) que são mal armazenados ou descartados e espalhados para solo e deste para zona saturada subterrânea;
- ✓ Óleo e hidrocarbonetos da manutenção de veículos, eliminação de óleos usados, vazamentos do armazenamento e manuseio, escorrência rodoviária e industrial;
- ✓ Solventes clorados de áreas industriais onde o há o uso rotineiro de solventes;
- ✓ Metais, incluindo ferro, poluentes acidificantes e produtos químicos da atmosfera deposição, cavas de minas abandonadas e drenadas, processos industriais etc.
- ✓ A poluição da água difusa pode ter efeitos significativos na vida nativa e no uso da água.

Esses efeitos incluem:

- ✓ Contaminação das águas subterrâneas e da água superficial e perda subsequente, ou a exigência de tratamento, de recursos hídricos;

- ✓ Contaminação microbiológica do abastecimento de água;
- ✓ Sufocação por sedimentso finos que invadem habitat reprodutor de organismos;
- ✓ Enriquecimento e eutrofização de nutrientes;
- ✓ Depleção de oxigênio;
- ✓ Toxicidade para a vida vegetal e animal.

As fontes de contaminação podem ser consideradas difusas e algumas através de estruturas de lançamentos de efluentes (estas pontuais)

Ao contrário da contaminação da fonte pontual, não se pode controlar facilmente a contaminação difusa. As abordagens regulatórias têm que serem sutis e em muitos casos precisam estar bem conectados ao sistema de planejamento do uso do solo da área de estudo, através de um plano de bacia, por exemplo.

O planejamento da bacia passa a ser crucial, reunindo seus usos e seus passivos ambientais. E como via de consequência a instalação de um Comitê de acordo com a Legislação seria uma ação adequada e vital para a Bacia Hidrografica do Arroio Candiota.

4.2. ÁGUA SUBTERRÂNEA

Este relatório final apresenta os resultados obtidos durante um ano de amostragem em quatro campanhas amostrais no período 2016/2017, para águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, situada no município de Candiota/RS.

As campanhas amostrais foram separadas em intervalos trimestrais (Tabela 4.2.1) e buscam atender as determinações do monitoramento ambiental exigido pelo IBAMA, na área denominada aqui como praça de trabalho da Usina Termelétrica Presidente Médici.

A área próxima a usina termelétrica, denominada de praça de trabalho, é o local em que há o estoque de insumos, a manutenção, o estoque e conserto

de peças, bem como o transporte e circulação para as atividades que utilizam rotineiramente estas áreas e seus equipamentos.

Tabela 4.2.1 - Período das campanhas amostrais de água subterrânea 2016/2017.

Período	Campanha - 1	Campanha - 2	Campanha - 3	Campanha - 4
Purga	05/11/2016	04/01/2017	03/05/2017	01/07/2017
Amostragem	06/11/2016	05/01/2017	04/05/2017	02/07/2017

As águas subterrâneas foram estudadas, visando estabelecer a sua qualidade em 18 poços.

No início do monitoramento no ano de 2013-2014, a malha de monitoramento possuia vinte poços para amostragem de água subterrânea, sendo que onze estavam localizados na área da Usina Fase B e Fase C (PM1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7, PM-8, PM-9, PM-10, PM-11 E PM-12), enquanto quatro estavam situados na área conhecida como almoxarifado (PM-5, PM-13, PM-14, e PM-15), e cinco na área denominada de Candiota 1 (PM-16, PM-17, PM-18, PM-19, e PM-20).

Segundo Viero (2014) responsável pelo estudo das águas subterrâneas em 2013-2014, dois destes poços foram abandonados por não reunirem condições de serem amostrados, sendo esses os poços PM-15 (Almoxarifado) o qual foi soterrado por obras de terraplanagem, e o PM-18 (Candiota 1) apresentando danos irreversíveis na estrutura devido a escavação próxima do poço.

No ano de 2016, novembro, em que foram retomados os estudos que compõem o monitoramento ambiental, daqueles 18 poços que estavam em condições de serem amostrados, com exceção dos poços PM-15 (Almoxarifado) e o PM-18 (Candiota 1), foram identificados mais dois poços que não tinham condições de amostragem (PM-18 e PM-11) devido as condições de preservação os quais impossibilitaram a projeção do amostrador.

A localização dos dezesseis poços de monitoramento em condições de amostragem (Tabela 4.2.2) e o perímetro delimitador das áreas Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1 estão apresentados na figura 4.2.1. Analizando a diferença altimétricas no relevo da área de estudo através de imagens de satélite é possível inferir o escoamento superficial das águas meteóricas e o provável caminho das águas subterrâneas representandos na figura 4.2.1 com setas azuis.

Tabela 4.2.2 - Localização UTM dos poços de monitoramento da água subterrânea nas áreas da Usina Termelétrica Presidente Médici.

Área	Poço	UTM - E (m)	UTM - N (m)	Zona
Usina Fase B e Fase C	PM-1	245195,82	6506043,27	22 J
	PM-2	245144,47	6506281,07	22 J
	PM-3	244683,33	6505880,15	22 J
	PM-4	245358,92	6506299,68	22 J
	PM-6	245082,28	6506526,44	22 J
	PM-7	245673,49	6506557,58	22 J
	PM-9	244986,59	6506089,14	22 J
	PM-10	245627,95	6506227,75	22 J
	PM-12	244876,72	6506066,47	22 J
Almoxarifado	PM-5	244813,75	6505698,77	22 J
	PM-13	245142,03	6505722,07	22 J
	PM-14	245090,69	6505757,72	22 J
Candiota 1	PM-16	246367,73	6505638,09	22 J
	PM-17	246437,59	6505598,26	22 J
	PM-19	246207,34	6505747,34	22 J
	PM-20	246362,77	6505724,51	22 J

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



Figura 4.2.1 - Mapa apresentando a localização das áreas monitoradas e dos poços de coleta de água subterrânea na Usina Termelétrica Presidente Médici. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.

Variáveis Analisadas

As variáveis analisadas servirão de parâmetros para estabelecer a qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Tabela 4.2.3).

Além das variáveis apresentadas na tabela 4.2.3, foram medidas outras variáveis de poço tais como nível estático (m) e profundidade (m) além de temperatura do ar (°C) e de temperatura da água (°C).

Tabela 4.2.3 - Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica.

Variáveis (Água Subterrânea)		
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	Al Dissolvido (mg·L^{-1})	Al Total (mg·L^{-1})
Condutividade (µS·cm^{-1})	As Dissolvido (mg·L^{-1})	As Total (mg·L^{-1})
Cor Real (U.C)	Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	Cd Total (mg·L^{-1})
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	Pb Total (mg·L^{-1})
DQO (mg·L^{-1} O_2)	Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	Cu Total (mg·L^{-1})
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	Cr Total (mg·L^{-1})
Fósforo Total (mg·L^{-1})	Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	Fe Total (mg·L^{-1})
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	Mn Total (mg·L^{-1})
OD (mg·L^{-1})	Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	Hg Total (mg·L^{-1})
pH	Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	Ni Total (mg·L^{-1})
Turbidez (NTU)	Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	Zn Total (mg·L^{-1})

Materiais e Métodos

Amostragem

Os poços já existem e a sua localização foi produto de um estudo Geoambiental.

Tendo os poços devidamente localizados por coordenadas UTM (Tabela 4.2.2), foi realizada a verificação das reais condições dos poços ao chegar a

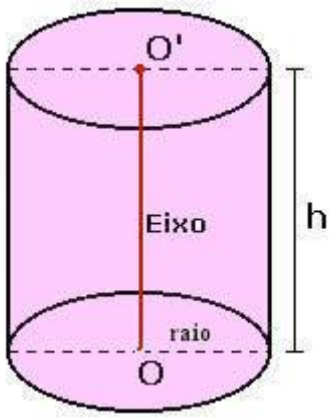
cada um deles. Esta condição foi devidamente descrita em caderneta de campo e devidamente fotografada.

Após a constatação de situação adequada para a amostragem foi procedido a purga do poço, isto é, a eliminação total da água estagnada que estava no poço. Para tanto, uma trena eletrônica foi usada para determinar a posição inicial do freático e com a mesma trena desligada, foi medida a profundidade do poço (que é previamente conhecida, mas deve ser checada a cada amostragem). Ao conhecer a altura da coluna de água com base no diâmetro do poço, calcula-se a quantidade de água a ser retirada para certificar-se do esvaziamento do mesmo apenas com a água parada, evitando-se a água que estará entrando no poço naquele momento.

Antes de iniciar a purga, a quantidade de água parada na coluna de água deve ser determinada (água no interior do poço).

Uma vez obtida esta informação, o volume de água a purgar pode ser determinado usando um de vários métodos. Uma é a equação:

$$V = \pi r2 * h$$



Onde:
h = é profundidade da água em metros;
D = é o diâmetro do poço em metros;
r = é o raio do diâmetro do poço
π = 3,14
V = é o volume de água em m3.

Este procedimento é desenvolvido em cada um dos poços monitores, aqueles que apresentam condições de amostragem.

A purga é executada mediante o volume calculado e com um método de retirada da água estagnada que:

- evite o distúrbio na coluna d'água;

- evite a mistura de águas de zonas distintas e o aumento de turbidez;

- o fluxo de água do aquífero renove a água que passa pela seção filtrante;

- amostras obtidas sejam representativas, sem necessidade de altas taxas de purga do poço, somente da água estagnada.

Para alcançar estas exigências enunciadas acima se utilizou uma "bomba de dreno manual" com mangueiras descartáveis acopladas a válvula de pé (Figura 4.2.2).

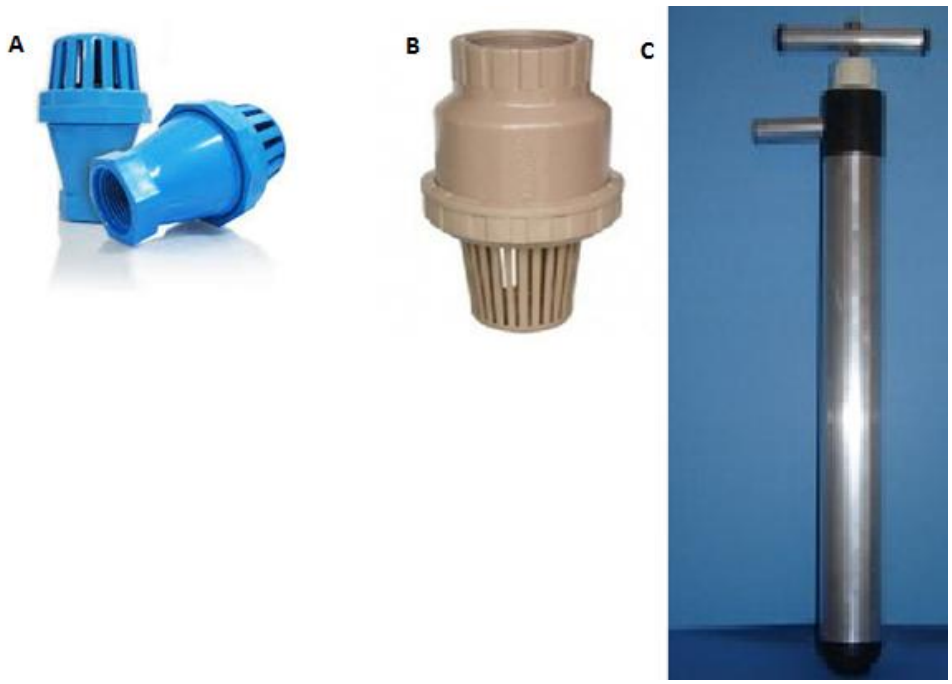


Figura 4.2.2 - Válvula de pé para colocação na mangueira para executar a purga do poço de vários tamanhos em função da variação da circunferência dos poços (A e B). Bomba de dreno manual, para o recalque da água estagnada do poço, visando o mínimo de turbidez possível (c).

A utilização da válvula de pé, devidamente higienizada a cada amostragem, impede que a retirada da água estagnada retorne ao poço por qualquer bombeamento irregular ocasionando turbidez. Após 24 horas da purga, a amostragem propriamente dita é realizada. Coloca-se o amostrador (descartável) do tipo "bailer" para buscar a água no poço devidamente esvaziado no dia anterior. A figura 4.2.2 apresenta a bomba de dreno manual bem como as válvulas utilizadas. Na figura 4.2.3 apresenta-se o esquema do uso do amostrador do tipo "bailer" (24 horas após utilização da bomba de dreno), o "bailer" é decartado após a coleta da amostra.

Todo o equipamento perene da amostragem passa por uma rigorosa higienização, antes do manuseio na sequência da amostragem em outro poço monitor.

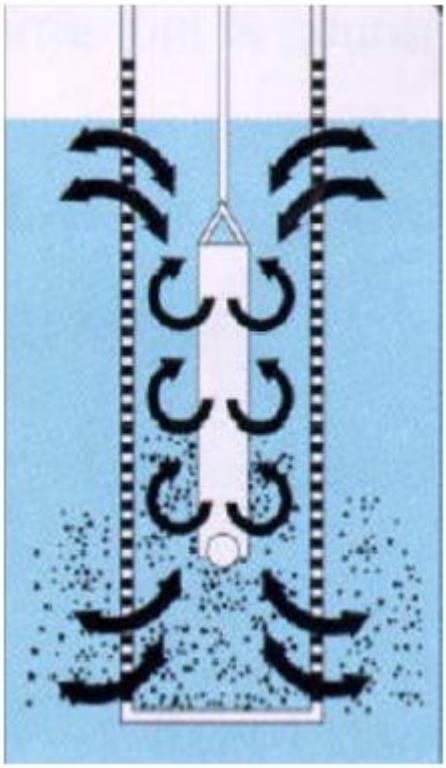


Figura 4.2.3 - Amostrador (descartável de polietileno) do tipo "bailer" utilizado para amostragem de água subterrânea nos poços de monitoramento de Candiota (Modificado de Soriano Junior, R.; Reis, F.A.G.V./Análise comparativa entre métodos de amostragem de águas subterrâneas).

Na figura 4.2.3 apresenta-se o amostrador "bailer" e a representação da amostragem no momento que o instrumento atinge a camada hídrica do poço. Este amostrador é construído por tubo longo de diferentes diâmetros, aberto nas extremidades. Na parte do fundo, possui uma esfera que trabalha com uma válvula, que fecha quando a amostra entra no tubo. Na parte de cima possui um olhal para que possa ser amarrada uma corda. São confeccionados em materiais específicos (polietileno, PVC, aço inox e Teflon®), e adequados às características químicas dos líquidos a serem amostrados, desde água até os mais diversos tipos de contaminantes orgânicos em fase livre ou dissolvida. Em tese, os amostradores deste tipo "bailers" coletam amostras sem alterar a química das mesmas, uma vez que se enchem e esvaziam sem provocar qualquer sucção ou introdução de pressão na amostra. Infelizmente no campo não é bem assim, que acontece, a quantidade de vezes que o "bailer" é introduzido e retirado do poço faz com que o nível d'água suba e desça, causando fluxo de água para dentro e para fora da secção filtrante. Esta reversão do sentido do fluxo faz com que as partículas finas presas ao revestimento, na seção filtrante e nas imediações do poço aumentem a turbidez da água. O aumento da turbidez está associado ao aumento das concentrações de metais e do tempo de filtragem com filtros para metais. Por ser um método manual, a qualidade do processo está diretamente ligada à habilidade do técnico, podendo ser afetada pela velocidade com que o "bailer" é introduzido no poço. Há necessidade de cuidado máximo na coleta na introdução do "bailer" no poço.

Métodos Analíticos

As amostras foram conduzidas ao laboratório GREENLAB, observando o acondicionamento dos materiais amostrados bem com as técnicas de conservação com a temperatura de condução de 4°C e com a validade para cada tipo de amostra.

Na tabela 4.2.4 são apresentados os métodos utilizados para a obtenção das variáveis medidas no monitoramento das águas subterrâneas na área da Termelétrica Presidente Médici.

Tabela 4.2.4 - Métodos analíticos para os ensaios para as variáveis neste monitoramento ambiental.

Variável	Unidade	Frasco	Preservação	Validade
DBO	mg/L	P	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
DQO	mg/L	V	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Fenois Total	mg/L	V	H2SO4 conc. Até pH<2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Fosforo Total	mg/L	V	H2SO4 conc. Até pH<2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
pH			Medida em Campo e Laboratório	< 24 horas
Condutividade	µS/cm	V	Medida em Campo e Laboratório	< 24 horas
Côr	mg/LPt-Co	V	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Turbidez	NTU	P	Refrigeração a 4°C e manter ao abrigo da luminosidade	< 24 horas
Óleos e Graxas	mg/L	V	HCl +1 até pH ≤ 2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Metais Totais (Al, Fe, Cu, As, Cd, Ni, Mn, Pb, Zn, Cr e Hg)	mg/L	P	HNO3 concentração até pH< 2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Coliformes Termotolerantes (*E. Coli*)		V	Refrigeração < 10 °C Adicionar 0,3 mL para 120 mL de amostra	< 24 horas
Toxicidade Cronica		P	2mL sol. K2CrO7 a 20% em sol HNO3, 1:1 Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Toxicidade Aguda		P	2mL sol. K2CrO7 a 20% em sol HNO3, 1:1 Refrigeração a 4°C	< 24 horas

Análise e Interpretação dos Dados

Os resultados das análises de água subterrânea para as variáveis físicas, químicas e microbiológicas foram interpretados com base na legislação vigente que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas empregadas pela Resolução 396 de 2008 do CONAMA. Essa resolução possui três referências qualitativas as quais são limites para o consumo humano (C.H.), dessedentação de animais (D.A.) e recreação (Rec.).

No entanto, a Resolução 396 de 2008 do CONAMA apresenta limites quantitativos apenas para as variáveis químicas de metais totais para os dados desse estudo. Assim, a necessidade de suprir os limites qualitativos para as demais variáveis, utilizou-se outras resoluções para classificação da qualidade das águas para o consumo humano.

Para os metais dissolvidos se utilizou a classificação e os limites da Classe 1 da Resolução 357 de 2005 do CONAMA para água superficiais, em que apenas os metais alumínio, cobre e ferro possuem parâmetros de metais dissolvidos, sendo o restante para metais totais. Essa resolução foi usada nesse estudo uma vez que se entende a maior exigência de qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano. Além disso, utilizou-se para os metais dissolvidos as mesmas referências usadas nos metais totais para o consumo humano da Resolução 396 de 2008 do CONAMA, já que os metais totais são a soma da fração dissolvida e da fração particulada.

Para os limites e a classificação dos demais parâmetros (quando existentes) foi utilizada a Resolução 1469 de 2000 do Ministério da Saúde, o qual é complementada com as orientações para Classe 1 e Classe 3 da Resolução 357 de 2005 do CONAMA.

Os limites mais rigorosos dentro das resoluções mencionadas foram utilizados para classificação das variáveis estudadas. A tabela 4.2.5 resume os parâmetros de classificação utilizados para cada variável analisada.

Tabela 4.2.5 - Parâmetros de classificação para cada variável analisada.

	Classificação			
Variável	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (μS·cm^{-1})	-	-	-	
Cor Real (U.C)	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	-	>6	>4	
pH	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	5	40	100	
Metal Dissolvido	Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,18		5	
Metal Total	C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	5	24	5	

Resultados

Condições dos Poços de Monitoramento

Aa tabelas 4.2.6 e 4.2.7 apresentam as medições *in loco* e as descrições do estado de preservação dos poços das duas últimas campanhas amostrais (Campanhas 3 e 4 respectivamente), além de observações das amostras quando necessário. A *plate* de fotos da figura 4.2.4 apresenta imagens sobre as condições de preservação dos poços e qualidade das amostras.

Na campanha 3 (Tabela 4.2.6), os poços PM-9, PM-16 e PM-17 apresentaram excesso de sedimentos (lodo) no momento da coleta. Já o poço PM-20 apresentou água estagnada entre o tubo do poço e a tubulação de PVC de proteção do poço. O poço PM-3 estava sem tampa e corre o risco de alguma contaminação. O poço PM-5 apresentava a estrutura externa de PVC e a tubulação azul do poço quebradas. O poço PM-14 não apresentava o tubo de proteção do poço de PVC.

Assim como na Campanha 3, os poços mantiveram o nível de qualidade na Campanha Amostral 4 (Tabela 4.2.7). Onde o poço PM-9 novamente apresentou grande volume de sedimentos (lodo) no momento da coleta. Além do poço PM-3 se manter sem tampa e coberto com saco plástico, teve o saco ressecado através da incidência dos raios solares e possibilitou que seus fragmentos fossem depositados dentro do poço, onde inclusive foram coletados junto com as amostras. Os poços PM-1, PM-4, PM-12 e PM-14 não apresentavam a tampa do tubo de proteção do poço de PVC, sendo que o poço PM-14 não apresenta nem mesmo a proteção de PVC.

Tabela 4.2.6 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 3. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços.

Poço	N.E. (m)	Prof. (m)	Cond. (µS)	T água (°C)	T ar (°C)	Observações
PM-1AE	3,00	8,80	369,2	22,0	21,0	Poço sem tampa de PVC.
PM-2AE	0,85	5,15	662,1	25,5	23,7	Poço em bom estado. Observou-se um possível poço nas proximidades do poço 2 com N.E.=3,4m e prof.=4,3m.
PM-3AE	1,90	1,70	435,6	22,4	20,0	Poço sem tampa de PVC e com a proteção de PVC quebrada. Poço sem tampa. Risco de contaminação.
PM-4AE	0,40	2,50	507,1	21,5	23,4	Poço sem tampa de PVC.
PM-5AE	6,10	10,00	396,0	19,0	19,5	Poço com estrutura externa de PVC quebrada e sem tampa. Tubulação azul quebrada.
PM-6AE	1,40	4,60	62,2	20,3	22,0	Poço em bom estado de conservação.
PM-7AE	2,20	9,70	102,6	20,0	22,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-8AE						Poço soterrado.
PM-9AE	2,10	4,05	266,8	21,0	21,8	Poço sem tampa de PVC nem tampa da tubulação azul. Água de escoamento de cor preta inicial, passando para marrom escura e clareando aos poucos). Presença de anfíbio (perereca). Amostra com muito sedimento.
PM-10AE	6,30	12,00	373,8	19,8	22,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-11AE						Poço destruído.
PM-12AE	1,50	3,20	643,2	22,7	19,0	Poço sem tampa de PVC.
PM-13AE	2,25	4,00	201,2	22,8	20,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-14AE	4,45	6,00	159,7	21,0	20,8	Poço sem proteção de PVC.
PM-15AE						Poço soterrado por obras de terraplanagem (Vieiro, 2014).
PM-16AE	2,30	3,30	474,9	23,0	28,0	Poço em bom estado de conservação. Observou-se infestação de formigas com ovos dentro do poço. Muito lodo no esgotamento.
PM-17AE	1,50	2,40	108,4	21,0	22,0	Poço em bom estado de conservação. No esgotamento obtivemos o primeiro metro com água e o restante com lodo.
PM-18AE						Poço com danos irreversíveis na estrutura por escavação próxima (Vieiro,
PM-19AE	1,50	4,70	950,1	20,0	22,0	Poço em bom estado de conservação.
PM-20AE	0,45	2,45	311,2	21,0	24,0	Poço em bom estado de conservação, porém apresenta água estagnada entre o cano do poço e o tubo de proteção.

Tabela 4.2.7 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços.

Poço	N.E. (m)	Prof. (m)	Cond. (µS)	T água (°C)	T ar (°C)	Observações
PM-1AE	2,50	8,70	668	20,5	17,5	Poço sem tampa de PVC.
PM-2AE	0,00	5,25	697	18,0	10,0	Poço em bom estado.
PM-3AE	1,70	2,60	559	19,5	20,0	Poço sem tampa de PVC e com a proteção de PVC quebrada. Poço sem tampa. Risco de contaminação. Poço coberto com saco plástico que ressecou com o sol e teve seus fragmentos depositados dentro do poço.
PM-4AE	0,00	2,40	438	16,5	13,0	Poço sem tampa de PVC.
PM-5AE	5,20	9,60	378	20,0	9,5	Poço com estrutura externa de PVC quebrada e sem tampa. Tubulação azul quebrada. Presensa de anfíbio (perereca) no momento da amostragem.
PM-6AE	1,10	4,90	67,7	17,0	12,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-7AE	1,50	10,00	93,3	20,0	15,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-8AE						Poço soterrado.
PM-9AE	0,60	4,00	200	18,0	15,0	Poço sem tampa de PVC nem tampa da tubulação azul. Água de escoamento de cor preta inicial, passando para cinza e clareando aos poucos. Presença de anfíbio (perereca). Amostra com muito sedimento.
PM-10AE	5,90	12,40	644	20,0	15,0	Poço em bom estado de conservação.
PM-11AE						Poço destruído.
PM-12AE	1,50	3,30	765	19,0	18,0	Poço sem tampa de PVC.
PM-13AE	1,40	3,90	199,5	19,0	8,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-14AE	2,40	5,80	146,1	20,0	9,0	Poço sem proteção de PVC.
PM-15AE						Poço soterrado por obras de terraplanagem (Vieiro, 2014).
PM-16AE	1,20	3,10	368	18,0	15,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-17AE	1,35	3,00	99,9	18,0	18,0	Poço em bom estado de conservação.
PM-18AE						Poço com danos irreversíveis na estrutura por escavação próxima (Vieiro, 2014).
PM-19AE	0,00	4,60	492,0	16,0	15,5	Poço em bom estado de conservação.
PM-20AE	0,50	2,40	276,0	17,5	13,0	Poço em bom estado de conservação.



Figura 4.2.4 - *Plate* de fotos apresentando o excesso de sedimentos nas amostras de água subterrânea (PM-9 e PM-16) e as condições de preservação dos poços (PM-20, PM-3, PM-5 e PM-14).

Resultados Analíticos

A tabela 4.2.8 apresenta os dados físicos dos poços tais como nível estático (m) e profundidade (m), assim como a temperatura da água (°C) e a temperatura do ar (°C) no momento de amostragem para cada ponto de monitoramento de água subterrânea.

As Tabelas 4.2.9, 4.2.10 e 4.2.11, apresentam os resultados brutos obtidos das análises para a área de monitoramento Usina Fase B e Fase C; já a tabela 4.2.12, para a área do Almoxarifado; e as tabelas 4.2.13 e 4.2.14, para a área do Candiota I.

Nessas tabelas estão preenchidas com a côr vermelha as medições que ultrapassaram os limites mais rigorosos segundo as resoluções usadas como critério para esse estudo (Resolução 396 de 2008 do CONAMA, Resolução 357 de 2005 do CONAMA e Resolução 1469 de 2000 do Ministério da Saúde).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.8 - Resultados obtidos para nível estático, profundidade, temperatura da água e temperatura do ar nos pontos dos poços monitores nas áreas de Praça de Trabalho da Usina denominadas como Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1.

Localização	**Usina Fase B e Fase C**									**Almoxarifado**			**Candiota 1**			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-5	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Campanha Amostral 1																
Nível Estático (m)	2,30	0,75	1,50	0,45	4,10	1,50	1,00	2,00	5,70	1,80	1,50	2,85	1,30	0,45	0,45	0,45
Profundidade (m)	8,80	5,00	3,40	2,40	10,00	5,30	10,00	4,00	12,50	3,20	3,70	5,80	3,00	4,80	2,15	2,15
Temperatura Água (°C)	21,0	22,0	23,0	21,0	21,0	22,0	20,0	21,0	19,0	22,0	22,0	22,0	21,0	19,0	19,0	19,0
Temperatura Ar (°C)																
Campanha Amostral 2																
Nível Estático (m)																
Profundidade (m)																
Temperatura Água (°C)																
Temperatura Ar (°C)																
Campanha Amostral 3																
Nível Estático (m)	3,00	0,85	1,90	0,40	1,40	2,20	2,10	6,30	1,50	6,10	2,25	4,45	2,30	1,50	1,50	0,45
Profundidade (m)	8,80	5,15	1,70	2,50	4,60	9,70	4,05	12,00	3,20	10,00	4,00	6,00	3,30	2,40	4,70	2,45
Temperatura Água (°C)	22,0	25,5	22,4	21,5	20,3	20,0	21,0	19,8	22,7	19,0	22,8	21,0	23,0	21,0	20,0	21,0
Temperatura Ar (°C)	21,0	23,7	20,0	23,4	22,0	22,5	21,8	22,5	19,0	19,5	20,5	20,8	28,0	22,0	22,0	24,0
Campanha Amostral 4																
Nível Estático (m)	2,50	0,00	1,70	0,00	1,10	1,50	0,60	5,90	1,50	5,20	1,40	2,40	1,20	1,35	0,00	0,50
Profundidade (m)	8,70	5,25	2,60	2,40	4,90	10,00	4,00	12,40	3,30	9,60	3,90	5,80	3,10	3,00	4,60	2,40
Temperatura Água (°C)	20,5	18,0	19,5	16,5	17,0	20,0	18,0	20,0	19,0	20,0	19,0	20,0	18,0	18,0	16,0	17,5
Temperatura Ar (°C)	17,5	10,0	20,0	13,0	12,5	15,5	15,0	15,0	18,0	9,5	8,5	9,0	15,5	18,0	15,5	13,0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.9 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	6,3	<1	1,0	1,0	56,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	714,0	500,4	564,5	452,1	833,0	420,8	379,5	661,3	403,0	711,0	837,0	667,0	-	-	-	
Cor Real (U.C)	10,9	28,1	<10	<10	<10	<10	<10	28,9	<10	<10	<10	<10	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	4,0	<2	5,0	2,8	2,6	<2	4,4	3,0	<2	<2	<2	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	13,50	<6	16,60	8,91	8,91	<6	14,80	10,00	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,096	0,113	<0,003	<0,003	<0,003	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,061	0,075	0,008	0,065	0,048	0,029	0,056	0,024	0,017	0,055	0,014	<0,006	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,6	<1	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	2,78	2,78	4,17	3,35	3,96	5,39	2,67	9,12	2,45	1,72	3,25	5,16	-	>6	>4	
pH	5,90	6,80	6,50	6,20	6,70	6,40	6,19	7,10	6,44	6,50	7,70	7,00	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	<4	6,93	<4	<4	<4	<4	<4	5,26	<4	3,68	3,78	<3,1	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,027	0,081	0,043	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,015	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	1,022	2,641	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,032	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,037	1,159	<0,001	0,288	<0,001	<0,001	0,149	0,119	<0,001	0,022	0,023	<0,001	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	0,001	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,18		5	
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,088	5,181	0,053	0,023	0,011	0,183	0,037	0,815	0,087	0,054	0,114	0,012	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,005	0,036	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,007	0,025	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	2,372	20,200	0,083	0,536	2,122	0,385	0,521	6,262	0,212	1,063	0,656	0,058	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,361	1,240	0,011	0,328	0,623	0,038	0,204	1,090	0,019	0,194	0,215	0,006	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,007	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,055	0,044	0,110	0,029	<0,006	<0,006	0,023	0,011	<0,006	0,027	0,010	0,075	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.10 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
Variável	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	2,0	<1	1,0	148,0	1,0	<1	<1	<1	<1	6,3	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	516,8	80,1	95,6	500,6	97,5	104,6	479,0	60,9	101,5	514,0	88,7	111,5	-	-	-	
Cor Real (U.C)	<10	2475,0	<10	<10	167,0	<10	<10	2072,0	<10	<10	70,6	<10	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	2,4	2,4	2,0	5,0	5,4	2,0	<2	2,6	2,8	<2	<2	<2	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	8,33	7,54	6,58	17,40	18,20	6,88	<6	8,40	9,60	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,119	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,017	<0,006	0,007	0,020	0,013	<0,006	0,065	<0,006	<0,006	0,014	<0,006	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	3,17	6,55	7,74	3,56	5,79	4,17	2,45	6,67	9,79	1,34	4,78	6,69	-	>6	>4	
pH	6,60	6,14	5,70	7,20	6,20	5,80	6,63	5,63	5,94	7,30	6,30	6,70	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	4,00	>450	<4	<4	26,40	<4	<4	>450	<4	3,10	>450	<3,1	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,080	2,943	0,016	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	6,397	<0,006	<0,006	0,065	<0,006	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,007	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	1,842	0,688	0,010	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	4,535	<0,006	<0,006	0,038	<0,006	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,197	0,120	0,042	<0,001	<0,001	<0,001	0,346	0,024	0,134	0,137	0,019	0,048	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,002	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	0,18		5	
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,070	6,113	0,082	0,070	0,169	0,051	0,006	14,600	0,062	<0,006	0,706	0,007	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,004	0,008	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,005	0,022	0,006	<0,004	0,006	<0,004	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,020	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,028	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,007	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	3,247	0,972	0,027	0,774	0,275	0,296	0,652	5,230	0,128	0,978	0,460	0,077	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	1,746	0,028	0,046	2,198	0,017	0,284	2,925	0,039	0,195	1,112	0,026	0,406	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0003	0,0004	<0,0002	0,0004	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,032	0,021	0,024	0,014	<0,006	0,024	<0,006	0,036	0,017	0,032	0,307	0,046	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.11 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
Variável	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	7,5	<1	<1	23,1	1,0	1,0	<1	<1	<1	4,1	<1	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	220,10	470,60	676,60	188,31	310,00	932,90	246,10	355,80	560,40	207,20	715,00	842,00	-	-	-	
Cor Real (U.C)	1146,0	52,5	70,6	40,7	<10	18,7	432,0	<10	44,7	23,4	<10	53,3	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	2,6	<2	4,4	2,0	4,8	3,2	<2	3,0	<2	<2	6,0	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	8,33	<6	14,60	6,00	16,20	10,80	<6	10,0	<6	<6	19,70	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,108	0,116	<0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,061	0,033	0,106	0,017	0,148	0,131	0,073	0,084	0,084	0,007	0,044	0,096	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	3,17	2,78	0,60	6,30	6,00	3,96	8,45	3,56	0,45	8,60	1,72	0,38	-	>6	>4	
pH	6,30	6,40	6,50	7,10	6,70	6,50	6,67	6,62	6,81	7,20	6,70	6,90	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	>450	8,88	16,20	8,01	<4	14,80	66,60	<4	7,46	18,20	<3,1	25,20	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,265	0,234	0,090	<0,006	<0,006	<0,006	0,915	0,017	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,080	<0,006	12,800	<0,006	<0,006	<0,006	0,603	<0,006	0,288	<0,006	<0,006	<0,006	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,007	0,109	2,318	<0,001	<0,001	<0,001	0,098	0,386	0,195	<0,001	0,177	1,941	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	0,0006	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	0,024	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,011	<0,001	<0,001	0,037	<0,001	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,017	<0,006	0,010	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,18		5	
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	4,759	7,393	3,678	0,090	5,006	0,804	1,245	5,213	1,092	0,122	0,778	0,894	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,005	0,005	0,053	<0,004	0,007	0,036	0,013	0,010	0,018	<0,004	<0,004	0,016	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	0,011	<0,006	<0,006	<0,006	0,012	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	3,590	2,784	63,600	0,179	6,015	<0,006	3,970	1,908	18,500	0,203	0,637	26,800	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,230	1,019	2,809	0,031	0,292	2,240	0,413	0,403	1,862	0,019	1,277	2,033	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	0,0021	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,002	0,018	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,048	0,002	0,065	0,013	0,013	0,037	0,033	0,006	0,014	0,017	0,020	0,029	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.12 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Almoxarifado. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Almoxarifado	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
Variável	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	579,0	26,9	67,6	127,0	1203,0	145,0	20,3	3,1	1,0	2,0	579,0	816,0	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	399,7	167,2	156,4	395,0	176,0	158,9	363,4	204,6	158,2	446,0	249,1	179,0	-	-	-	
Cor Real (U.C)	1,3	726,0	394,0	14,0	167,0	39,9	48,6	174,0	204,0	24,2	14,8	<10	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	2,0	3,6	2,4	4,6	2,0	5,0	5,0	<2	2,4	<2	<2	<2	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	6,99	12,30	7,94	15,00	6,00	16,60	16,40	<6	8,40	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,083	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,072	0,056	0,068	0,096	0,008	0,046	0,110	0,125	0,075	0,082	0,107	0,035	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,0	<1	<1	<1	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	5,16	7,54	4,76	5,49	6,71	6,20	2,67	7,56	5,56	2,10	5,54	6,12	-	>6	>4	
pH	6,10	6,50	6,20	6,10	6,70	6,10	6,25	7,05	6,12	6,60	7,00	6,60	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	26,70	93,70	64,50	11,80	69,90	12,80	<4	26,80	45,00	15,00	41,00	<3,1	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,783	0,388	0,328	<0,006	<0,006	<0,006	0,020	2,601	0,162	<0,006	0,085	0,190	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	0,017	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,009	0,007	<0,003	<0,003	<0,003	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,529	0,269	0,188	<0,006	<0,006	<0,006	0,111	2,334	0,154	<0,006	<0,006	<0,006	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,042	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,599	0,018	<0,001	0,040	<0,001	<0,001	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,002	0,006	0,018	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,018	0,028	<0,001	0,008	0,010	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,007	<0,006	0,008	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,18		5	
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	2,278	3,952	4,785	1,139	0,567	0,412	1,940	7,651	6,232	0,960	1,819	0,248	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,085	0,031	0,028	0,077	0,014	0,008	0,064	0,070	0,040	0,044	0,053	0,009	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	0,013	0,021	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,029	0,036	<0,003	0,011	0,005	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	2,977	2,063	3,745	2,290	0,914	0,864	4,940	4,076	5,865	3,213	2,635	0,472	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,407	0,297	0,144	0,597	0,105	0,054	1,259	0,644	0,183	0,342	0,190	0,040	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,031	0,040	0,049	0,018	0,008	0,017	0,030	0,056	0,057	0,031	0,367	0,026	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.13 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			
Variável	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	11,0	-	119,0	144,0	1,0	1,0	<1	13,4	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	380,1	-	346,4	105,4	456,3	111,1	193,0	139,3	-	-	-	
Cor Real (U.C)	259,0	-	73,0	310,0	47,0	286,0	<10	97,3	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	18,0	-	4,4	5,0	3,4	<2	<2	<2	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	55,60	-	14,60	16,60	11,60	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,003	-	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,196	-	0,169	0,036	1,359	0,013	0,157	0,012	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<1	-	<1	<1	<1	3,8	<1	<1	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	6,35	-	5,79	4,27	<0,2	2,89	5,54	2,10	-	>6	>4	
pH	6,30	-	6,50	6,00	6,42	6,24	6,70	6,40	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	39,40	-	21,30	57,20	5,06	58,00	14,40	79,60	5	40	100	
Metal Dissolvido									Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,114	-	<0,006	<0,006	0,078	0,208	0,419	<0,006	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	-	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	-	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	-	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	-	<0,006	<0,006	0,126	0,086	<0,006	<0,006	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	-	<0,001	<0,001	0,002	0,035	<0,001	0,007	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,004	-	<0,001	<0,001	0,013	<0,001	0,002	0,001	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	-	<0,006	<0,006	0,027	<0,006	<0,006	<0,006	0,18		5	
Metal Total									C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	4,500	-	0,755	1,499	6,318	0,781	0,546	0,910	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	-	<0,0006	<0,0006	0,0008	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,022	-	0,017	0,021	0,061	0,011	0,004	0,008	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	0,012	-	<0,006	<0,006	0,024	<0,006	<0,006	<0,006	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	0,005	-	<0,003	<0,003	0,028	<0,003	<0,003	<0,003	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	3,248	-	1,810	1,626	8,854	0,978	0,821	0,943	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,171	-	0,117	0,262	0,625	0,192	0,071	0,161	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0004	<0,0002	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,0001	-	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,058	-	0,033	0,025	0,134	0,013	0,030	0,023	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.14 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			
Variável	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	20,9	14,6	387,0	1,0	2,0	108,0	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	872,7	358,1	826,9	314,6	877,8	271,9	377,0	320,0	-	-	-	
Cor Real (U.C)	153,0	20,3	14	<10	<10	<10	130,0	<10	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	2,4	3,0	2,6	3,6	3,8	<2	<2	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	7,94	10,10	8,50	12,00	12,40	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,085	<0,003	<0,003	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,306	0,100	0,041	0,036	0,029	<0,006	0,067	0,018	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	7,34	4,96	8,03	5,08	4,00	2,22	8,41	4,78	-	>6	>4	
pH	6,70	6,90	6,50	6,50	6,55	6,62	7,30	7,00	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	14,10	6,61	4,99	<4	<4	<4	37,40	<3,1	5	40	100	
Metal Dissolvido									Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,019	0,058	<0,006	<0,006	0,007	<0,006	0,149	<0,006	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	0,007	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,104	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,622	<0,006	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	3,053	0,124	<0,001	<0,001	2,996	0,045	0,052	0,026	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,013	0,004	<0,001	<0,001	0,010	<0,001	0,002	0,002	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009	0,18		5	
Metal Total									C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,840	0,770	0,037	0,291	0,050	0,027	1,220	0,398	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	0,001	<0,0006	<0,0006	0,049	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,064	0,264	0,008	0,132	0,013	0,012	0,004	0,010	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	0,013	0,014	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	12,600	38,200	0,628	3,638	0,853	1,459	1,111	1,415	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	4,669	1,345	2,007	0,532	3,288	0,361	0,281	0,191	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,006	<0,001	0,006	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,091	0,095	0,007	0,040	0,008	0,006	0,018	0,034	5	24	5	

Observa-se, nas tabelas acima, a constante contaminação por coliformes termotolerantes em diversos poços em todas as campanhas amostrais, chegando a níveis muito elevados como nos casos dos pontos PM-5, PM-13 e PM-14 (Almoxarifado) apresentando medidas de mais de 1000 $NMP \cdot 100mL^{-1}$.

Também é o caso dos pontos PM-16, PM-17, PM-19 e PM-20 (Candiota-1) apresentando em alguma das campanhas valores acima de 100 $NMP \cdot 100mL^{-1}$. Na área da Usina Fase B e Fase C, destaca-se o ponto PM-6 o qual está localizado na parte externa a montante da termelétrica, sendo teoricamente um ponto branco em relação aos contaminantes de água subterrânea referentes à usina, contendo a presença de coliformes em três campanhas amostrais, sendo em que uma delas o valor chegou a 148 $NMP \cdot 100mL^{-1}$.

A análise de fenóis totais apresentou contaminação para alguns poços apenas durante a Campanha 3, sendo esses pontos PM-2, PM-3, PM-4, PM-9 e PM-10 (Usina Fase B e C), PM-5 (Almoxarifado), e PM-20 (Candiota 1). O valor máximo encontrado foi para PM-4 com 0,119 $mg \cdot L^{-1}$.

A presença de óleos e graxas é muito rara nos poços de monitoramento, e apenas surgiram durante a Campanha 3 (PM-14 e PM-17) e a Campanha 4 (PM-2).

A cor e a turbidez apresentam índices acima dos limites para o consumo humano em quase todos os pontos amostrais em alguma das campanhas, com exceção dos pontos PM-1, PM-3, PM-4 e PM-7. Também é notada boa correlação entre as variáveis físicas de cor e turbidez para a maioria dos poços, aparecendo ou não em ambas às situações.

Os pontos PM-4 e PM-7 foram os únicos possos que não ultrapassaram o limite de qualidade das águas para as análises de fósforo total em todas as campanhas amostrais. O valor máximo encontrado foi para o poço PM-16

na terceira campanha com valor de 1,359 $mg \cdot L^{-1}$, estando mais de 50 vezes acima do limite.

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) estão abaixo do limite mínimo estipulado pela legislação em pelo alguma campanha em absolutamente todos os poços de monitoramento. O pior valor encontrado foi pata o poço PM-16 o qual ficou abaixo do limite de detecção (menor que 0,2 $mg \cdot L^{-1}$), porém a pior média fica para o poço PM-12 com resultados muito abaixo do limite mínimo.

Os metais que apresentaram valores acima do limite para alguns poços foram: alumínio, cádmio, chumbo, ferro, manganês, mercúrio e níquel. As variáveis medidas de arsênio total e dissolvido, cádmio e cobre dissolvidos apresentaram valores abaixo do limite de detecção para todos os poços em todas as campanhas amostrais.

As tabelas 4.2.15, 4.2.16, 4.2.17 e 4.2.18, apresentam os resultados da razão matemática, calculada para metais totais com base nas referências de consumo humano usadas para a água subterrânea expressa na Resolução do CONAMA 396 de 2008. Assim como para as variáveis de cor real, DBO, fósforo total, OD e turbidez, calculada com base nas referências de valores mais rigorosos da Resolução do CONAMA 357-2005 e da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde.

O critério de visualização segue a estratégia do cálculo da razão matemática. A razão matemática foi construída tendo no denominador o valor expresso nas resoluções citadas acima, enquanto que no numerador foi utilizado o valor encontrado na amostra coletada no poço monitor referenciado para uma determinada variável. A exceção é para as medidas de OD devido o limite quantitativo ser no mínimo 6 perante legislação, assim para tal parâmetro se utiliza como denominador o valor encontrado na amostra, enquanto o numerador é o valor citado na legislação.

Toda vez que os valores obtidos forem maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência. Assim pinta-se o espaço referente com a cor **vermelha**.

Toda a vez que o valor obtido superar 0,5, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pinta-se o espaço com a cor **laranja**, caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**.

A avaliação qualitativa foi separada por campanha amostral para cada área da termelétrica, em que a tabela 4.2.15 representa a Campanha 1, a tabela 4.2.16 representa a Campanha 2, a tabela 4.2.17 representa a Campanha 3 e a tabela 4.2.18 representa a Campanha 4.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.15 - Campanha 1 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução 396-2008 do CONAMA, da Resolução 357-2005 do CONAMA e da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde. Valores maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência, pintando o espaço referente com a cor **vermelha**. Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pintando o espaço com a cor **laranja**, caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**.

Campanha - 1	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Cor Real	0,7	1,9	0,0	0,0	165,0	0,0	76,4	3,5	4,7	0,1	48,4	26,3	17,3	-	10,2	1,4
DBO5	0,0	1,3	0,0	0,8	0,8	0,7	0,0	0,9	0,0	0,7	1,2	0,8	6,0	-	0,0	0,8
Fósforo Total	2,4	3,0	0,3	0,0	0,7	0,0	2,4	1,3	4,2	2,9	2,2	2,7	7,8	-	12,2	4,0
OD	2,2	2,2	1,4	1,9	0,9	0,8	1,9	2,2	10,1	1,2	0,8	1,3	0,9	-	0,8	1,2
Turbidez	0,0	1,4	0,0	0,8	90,0	0,0	90,0	1,8	3,2	5,3	18,7	12,9	7,9	-	2,8	1,3
Al Total	0,4	25,9	0,3	0,4	30,6	0,4	23,8	37,0	18,4	11,4	19,8	23,9	22,5	-	4,2	3,9
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,2	0,0
Pb Total	0,5	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,5	0,5	5,3	8,5	3,1	2,8	2,2	-	6,4	26,4
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	-	0,0	0,0
Fe Total	7,9	67,3	0,3	10,8	3,2	0,1	12,0	9,3	212,0	9,9	6,9	12,5	10,8	-	42,0	127,3
Mn Total	3,6	12,4	0,1	17,5	0,3	0,5	2,3	10,2	28,1	4,1	3,0	1,4	1,7	-	46,7	13,5
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,3
Ni Total	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	-	0,3	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.16 - Campanha 2 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução 396-2008 do CONAMA, da Resolução 357-2005 do CONAMA e da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde. Valores maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência, pintando o espaço referente com a cor **vermelha**. Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pintando o espaço com a cor **laranja**, caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**.

Campanha - 2	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Cor Real	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	2,7	0,0	1,2	0,9	11,1	2,7	4,9	20,7	0,9	0,0
DBO5	1,7	0,9	0,9	1,7	1,8	0,7	1,5	0,7	1,6	1,5	0,7	1,7	1,5	1,7	1,0	0,9
Fósforo Total	2,6	1,9	1,2	0,3	0,8	0,5	0,7	5,9	5,2	3,8	0,3	1,8	6,8	1,4	1,6	1,4
OD	1,8	1,5	1,1	1,7	1,0	1,4	1,0	1,0	1,5	1,1	0,9	1,0	1,0	1,4	0,7	1,2
Turbidez	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	1,6	0,0	3,0	2,4	14,0	2,6	4,3	11,4	1,0	0,0
Al Total	0,1	0,1	0,9	0,4	0,8	0,3	0,5	25,0	4,0	5,7	2,8	2,1	3,8	7,5	0,2	1,5
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,6	7,7	1,4	0,8	1,7	2,1	0,8	13,2
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	1,8	7,1	1,3	2,6	0,9	1,0	0,6	20,1	0,0	7,6	3,0	2,9	6,0	5,4	2,1	12,1
Mn Total	3,3	6,2	0,4	22,0	0,2	2,8	0,3	2,9	22,4	6,0	1,1	0,5	1,2	2,6	20,1	5,3
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,3	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.17 - Campanha 3 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução 396-2008 do CONAMA, da Resolução 357-2005 do CONAMA e da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde. Valores maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência, pintando o espaço referente com a cor **vermelha**. Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pintando o espaço com a cor **laranja**, caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**.

Campanha - 3	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Cor Real	0,0	1,9	0,0	0,0	138,1	0,0	28,8	0,0	3,0	3,2	11,6	13,6	3,1	19,1	0,0	0,0
DBO5	0,0	1,5	1,0	0,0	0,9	0,9	1,1	0,0	1,0	1,7	0,0	0,8	1,1	0,0	1,2	1,3
Fósforo Total	2,2	1,0	0,7	0,0	2,6	0,0	2,9	3,4	3,4	4,4	5,0	3,0	54,4	0,5	1,2	0,0
OD	2,2	0,7	2,4	2,4	0,9	0,6	0,7	1,7	13,5	2,2	0,8	1,1	31,6	2,1	1,5	2,7
Turbidez	0,0	1,1	0,0	0,0	90,0	0,0	13,3	0,0	1,5	0,0	5,4	9,0	1,0	11,6	0,0	0,0
Al Total	0,2	4,1	0,4	0,0	73,0	0,3	6,2	26,1	5,5	9,7	38,3	31,2	31,6	3,9	0,3	0,1
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,7	2,5	0,0	0,5	2,2	0,6	1,3	1,0	1,8	6,4	7,0	4,0	6,1	1,1	1,3	1,2
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,6	0,0	0,1	0,0
Fe Total	1,7	20,9	0,7	2,2	17,4	0,4	13,2	6,4	61,7	16,5	13,6	19,6	29,5	3,3	2,8	4,9
Mn Total	2,0	10,9	0,2	29,3	0,4	2,0	4,1	4,0	18,6	12,6	6,4	1,8	6,3	1,9	32,9	3,6
Hg Total	0,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.18 - Campanha 4 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução 396-2008 do CONAMA, da Resolução 357-2005 do CONAMA e da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde. Valores maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência, pintando o espaço referente com a cor **vermelha**. Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pintando o espaço com a cor **laranja**, caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**.

Campanha - 4	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Cor Real	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	1,6	0,0	3,6	1,6	1,0	0,0	0,0	6,5	8,7	0,0
DBO5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	2,2	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3	1,8	3,8	3,3	4,3	1,4	6,3	0,5	2,7	0,7
OD	3,5	1,8	1,2	4,5	1,3	0,9	0,7	3,5	15,7	2,9	1,1	1,0	1,1	2,9	0,7	1,3
Turbidez	0,7	0,8	0,0	0,6	90,0	0,0	3,6	0,0	5,0	3,0	8,2	0,0	2,9	15,9	7,5	0,0
Al Total	0,3	0,6	0,1	0,0	3,5	0,0	0,6	3,9	4,5	4,8	9,1	1,2	2,7	4,6	6,1	2,0
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,6	4,4	5,3	0,9	0,4	0,8	0,4	1,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	3,5	2,2	0,2	3,3	1,5	0,3	0,7	2,1	89,3	10,7	8,8	1,6	2,7	3,1	3,7	4,7
Mn Total	1,9	2,2	0,1	11,1	0,3	4,1	0,2	12,8	20,3	3,4	1,9	0,4	0,7	1,6	2,8	1,9
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

As tabelas acima evidenciam claramente a qualidade da água subterrânea para os poços de monitoramento. Em uma análise geral, os pontos PM-3 e PM-7 são os poços com as melhores condições de qualidade de água, porém ainda apresentam índices impróprios para o consumo humano.

Apenas o poço PM-7 na primeira campanha amostral apresentou índices toleráveis para o consumo humano. O poço PM-17 durante a primeira campanha apresentou problemas na preservação, não sendo possível a realização da coleta.

A tabela 4.2.19 e a figura 4.2.5 apresentam as relações e comparações, respectivamente, entre as variáveis de DQO e DBO a fim de quantificar o percentual biodegradável das amostras de água subterrânea. Como o DBO mede apenas a porção biodegradável, à medida que esse valor mais se aproximar do valor de DQO, significa que mais facilmente biodegradável será um efluente. O menor é encontrado para PM-5 na Campanha2, e o maior para PM-10 e PM-13 ambas na segunda campanha. Note também a boa correlação das variáveis, em que a ausência ou o aparecimento de uma está atrelado à outra.

Tabela 4.2.19 - Relação entre as variáveis DQO e DBO para todas as campanhas amostrais apresentando o percentual biodegradável do efluente.

POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO
PM-1 C1	N.D.	PM-2 C1	29,6	PM-3 C1	N.D.	PM-4 C1	28,8
PM-1 C2	30,1	PM-2 C2	31,4	PM-3 C2	29,2	PM-4 C2	28,7
PM-1 C3	N.D.	PM-2 C3	29,7	PM-3 C3	30,0	PM-4 C3	N.D.
PM-1 C4	N.D.	PM-2 C4	N.D.	PM-3 C4	N.D.	PM-4 C4	N.D.
PM-5 C1	28,6	PM-6 C1	31,8	PM-7 C1	30,4	PM-9 C1	N.D.
PM-5 C2	30,7	PM-6 C2	29,7	PM-7 C2	29,1	PM-9 C2	30,1
PM-5 C3	30,5	PM-6 C3	31,0	PM-7 C3	29,2	PM-9 C3	29,6
PM-5 C4	N.D.	PM-6 C4	N.D.	PM-7 C4	N.D.	PM-9 C4	N.D.
PM-10 C1	31,2	PM-12 C1	N.D.	PM-13 C1	29,3	PM-14 C1	30,2
PM-10 C2	33,3	PM-12 C2	29,6	PM-13 C2	33,3	PM-14 C2	30,1
PM-10 C3	N.D.	PM-12 C3	30,0	PM-13 C3	N.D.	PM-14 C3	28,6
PM-10 C4	N.D.	PM-12 C4	30,5	PM-13 C4	N.D.	PM-14 C4	N.D.
PM-16 C1	32,4	PM-17 C1	-	PM-19 C1	N.D.	PM-20 C1	30,2
PM-16 C2	30,1	PM-17 C2	30,1	PM-19 C2	29,7	PM-20 C2	30,6
PM-16 C3	29,3	PM-17 C3	N.D.	PM-19 C3	30,0	PM-20 C3	30,6
PM-16 C4	N.D.	PM-17 C4	N.D.	PM-19 C4	N.D.	PM-20 C4	N.D.

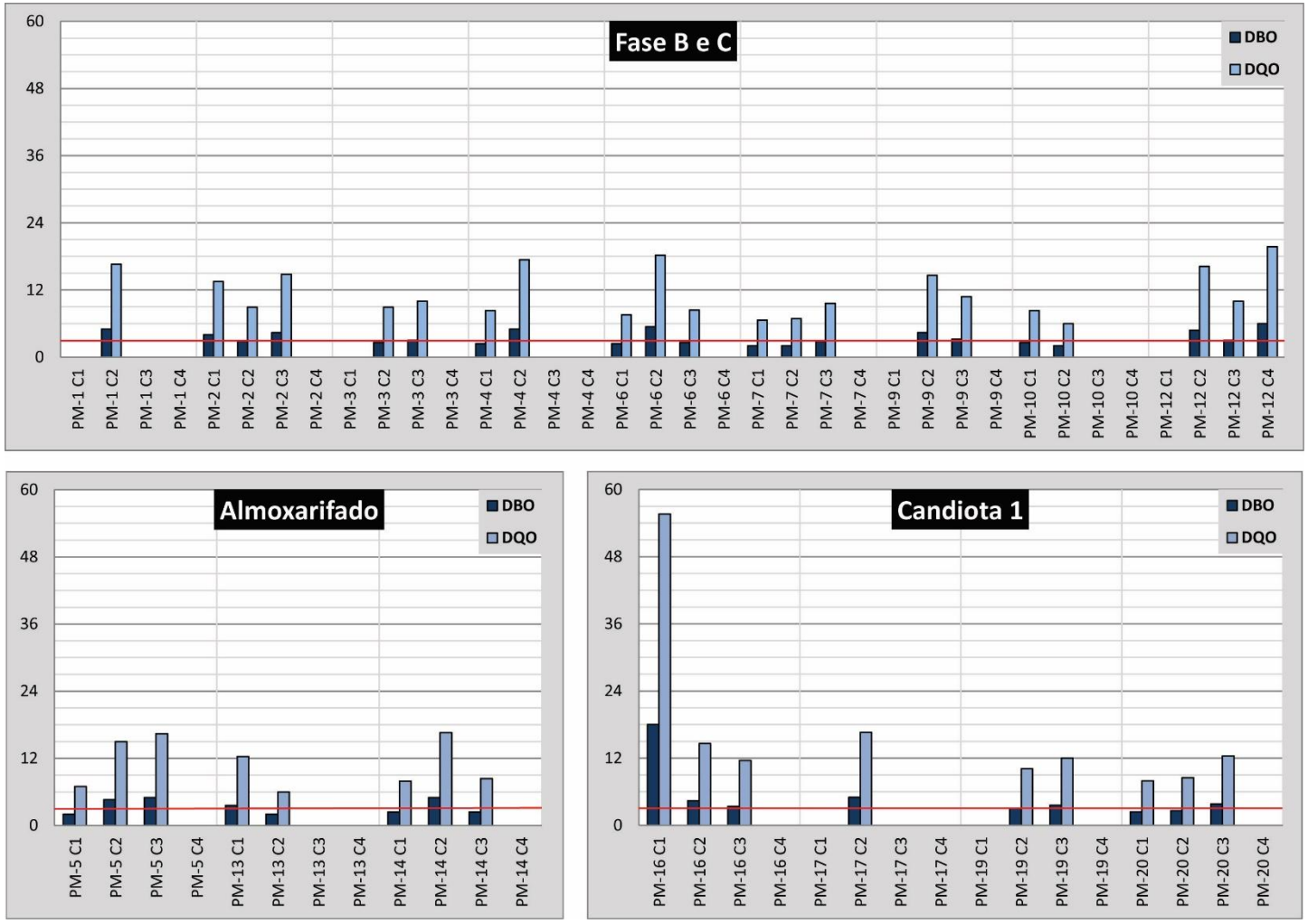


Figura 4.2.5 - Gráficos apresentando as comparações entre os valores de DQO e DBO. Linha vermelha – limite DBO (CONAMA 357-2005).

A figura 4.2.6 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de alumínio dissolvido e alumínio total. Os valores do alumínio não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento.

Na área da Usina Fase B e C o alumínio total atinge valores acima do limite de dessedentação de animais para os poços PM-2, PM-6 e PM-10, possuem valores extremamente altos em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008. Os poços PM-1, PM-3, PM-4 e PM-7 possuem níveis de alumínio total dentro dos limites, porém o restante dos poços se encontram numa classificação não apropriada para o consumo humano segundo a legislação.

Já o alumínio dissolvido é encontrado acima do limite para os pontos PM-6, PM-9 e PM-10, tendo os maiores valores no ponto PM-6 em que ultrapassa em duas campanhas os limites com uma das medidas que passa os 6 $mg \cdot L^{-1}$ de Al.

Na área do Almoxarifado os valores de alumínio total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos, sendo que os poços PM-13 e PM-14 ultrapassam inclusive o limite de dessedentação de animais. Assim como no Al total, os valores de alumínio dissolvido ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os poços em quase todas as campanhas, com exceção da Campanha 2.

Na área do Candiota 1 os valores de alumínio total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos umas das campanhas amostrais, sendo que o poço PM-16 ultrapassa inclusive o limite de dessedentação de animais. O poço PM-20 foi o único que não registrou durante as campanhas amostrais valores superiores ao limite legislativo, tendo o maior valor encontrado para o poço PM-16 com 0,419 $mg \cdot L^{-1}$ de Al, valor 4 vezes maior que o limite.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

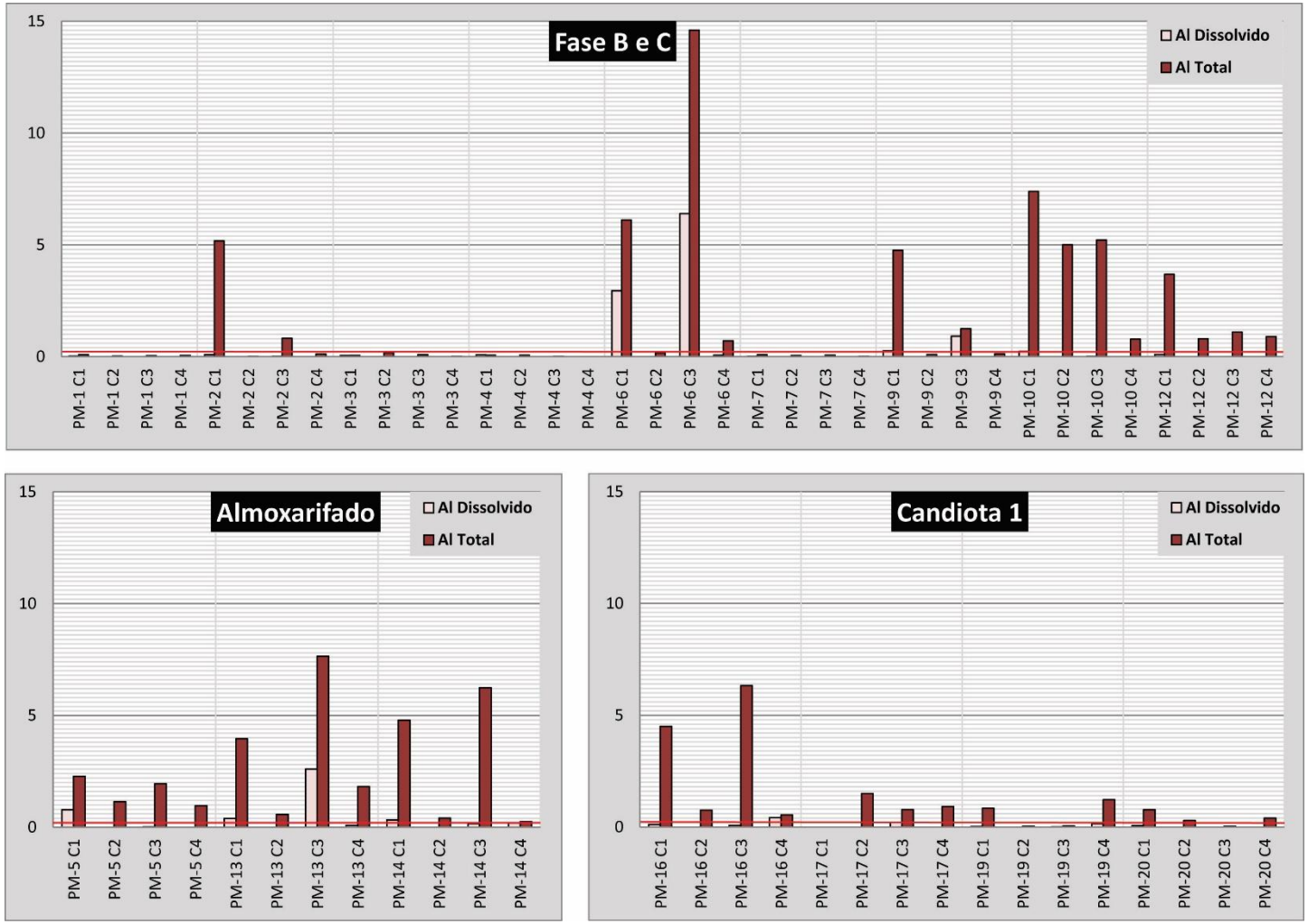


Figura 4.2.6 - Gráficos comparando os valores entre alumínio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Al total (CONAMA 396-2008).

A figura 4.2.7 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de chumbo dissolvido e chumbo total. Assim como ocorreu para o alumínio, os valores do chumbo não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento, onde cada poço variou de maneira diferente o seu teor de Pb.

Na área da Usina Fase B e C o chumbo total atinge valores acima do limite de consumo humano em pelo menos uma campanha amostral para os poços PM-2, PM-6, PM-9 e PM-12. O chumbo dissolvido não foi encontrado acima do limite nessa área.

Na área do Almoxarifado os valores de chumbo total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos. O chumbo dissolvido ultrapassa o limite para o consumo humano apenas no poço PM-5 durante a primeira campanha amostral.

Na área do Candiota 1 os valores de chumbo total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos umas das campanhas amostrais, sendo que o poço PM-20 ultrapassa inclusive o limite de dessedentação de animais, chegando a valores de 0,264 $mg \cdot L^{-1}$ de Pb, valor 26 vezes maior que o limite.

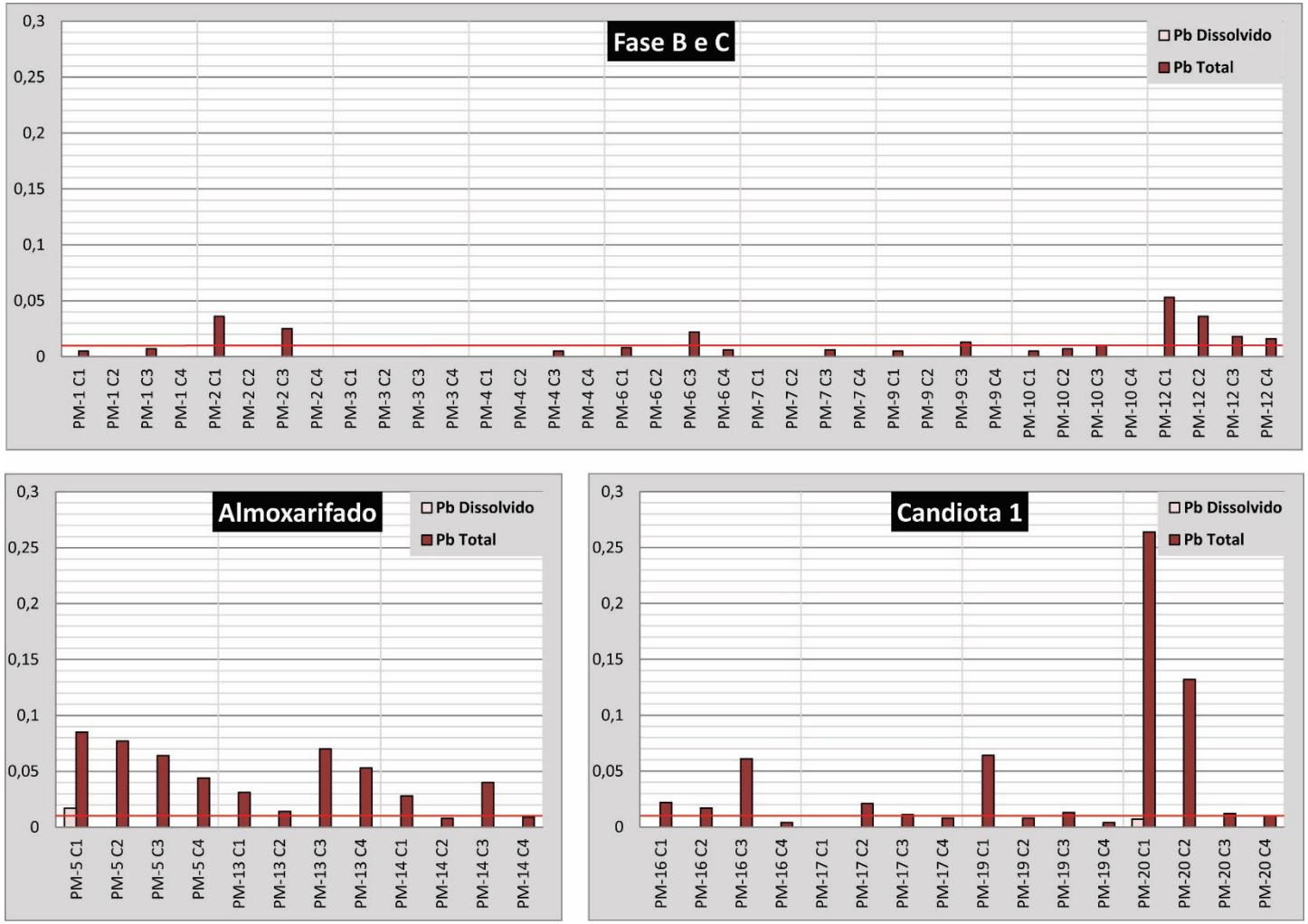


Figura 4.2.7 - Gráficos comparando os valores entre chumbo total e dissolvido. Linha vermelha: limite Pb total (CONAMA 396-2008).

A figura 4.2.8 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de ferro dissolvido e ferro total. Os valores do ferro não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento, assim como já verificado para o alumínio e o chumbo.

Na área da Usina Fase B e C o ferro total atinge valores acima do limite de consumo humano para todos os poços, com exceção do ponto PM-7 o qual tem seus valores abaixo do limite para todas as campanhas amostrais. Os maiores se encontram no poço PM-20 o qual chega a valores de até 63,6 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Já o ferro dissolvido é encontrado acima do limite para os pontos PM-1, PM-2, PM-4, PM-6, PM-9 e PM-10, tendo os maiores valores no ponto PM-12 em que ultrapassa os limites com uma que passa os 12 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe, mais de 50 vezes maior que o limite.

Na área do Almoxarifado os valores de ferro total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos. Assim como no Fe total, os valores de ferro dissolvido ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os poços em uma das campanhas, com exceção do poço PM-14.

Na área do Candiota 1 os valores de ferro total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em todas as campanhas amostrais. O poço PM-20 chega ao de 38,20 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe, medido na primeira campanha amostral.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

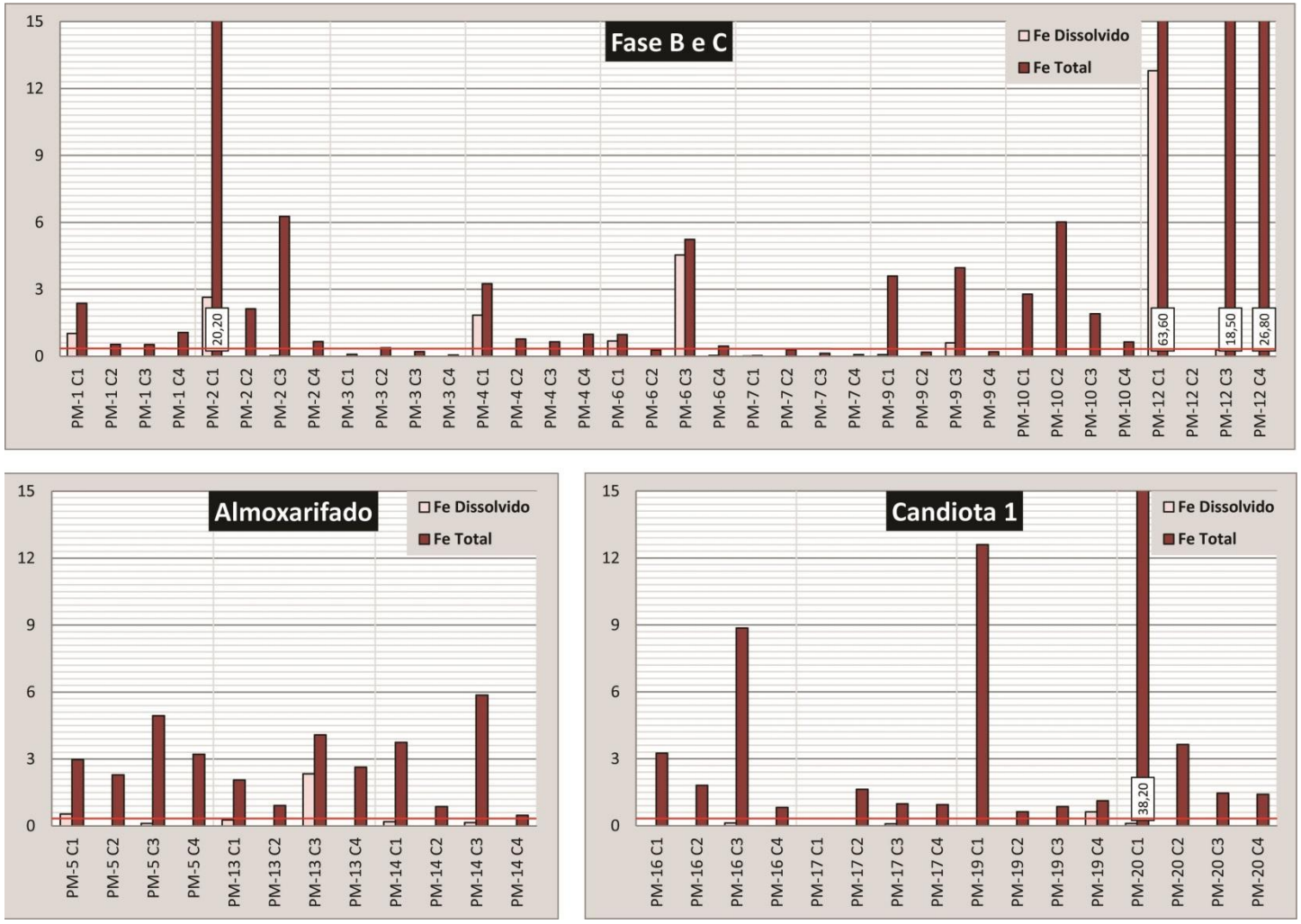


Figura 4.2.8 - Gráficos comparando os valores entre ferro total e dissolvido. Linha vermelha: limite Fe total (CONAMA 396-2008).

A figura 4.2.9 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de manganês dissolvido e manganês total. Os valores para o manganês não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento, como acontece para os outros metais já analisados.

Na área da Usina Fase B e C o manganês total atinge valores acima do limite de consumo humano todos os poços em pelo menos uma das campanhas, com exceção dos pontos PM-3 e PM-6 que estão abaixo. O manganês dissolvido foi encontrado acima do limite para os mesmos poços que foram encontrados Mn total, além do ponto PM-6 apresentar uma das medidas acima do limite.

Na área do Almoxarifado os valores de manganês total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos. Os valores de manganês dissolvido ultrapassam o limite para o consumo humano apenas no poço PM-5 durante a Campanha 3.

Na área do Candiota 1 os valores de manganês total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em quase todas as campanhas amostrais. O poço PM-19 registra os maiores valores chegando a valores de até 4,669 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn. O manganês dissolvido ultrapassa os limites nos pontos PM-19 e PM-20, sendo que no PM-19 atinge valores muito altos acima de 3 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn.

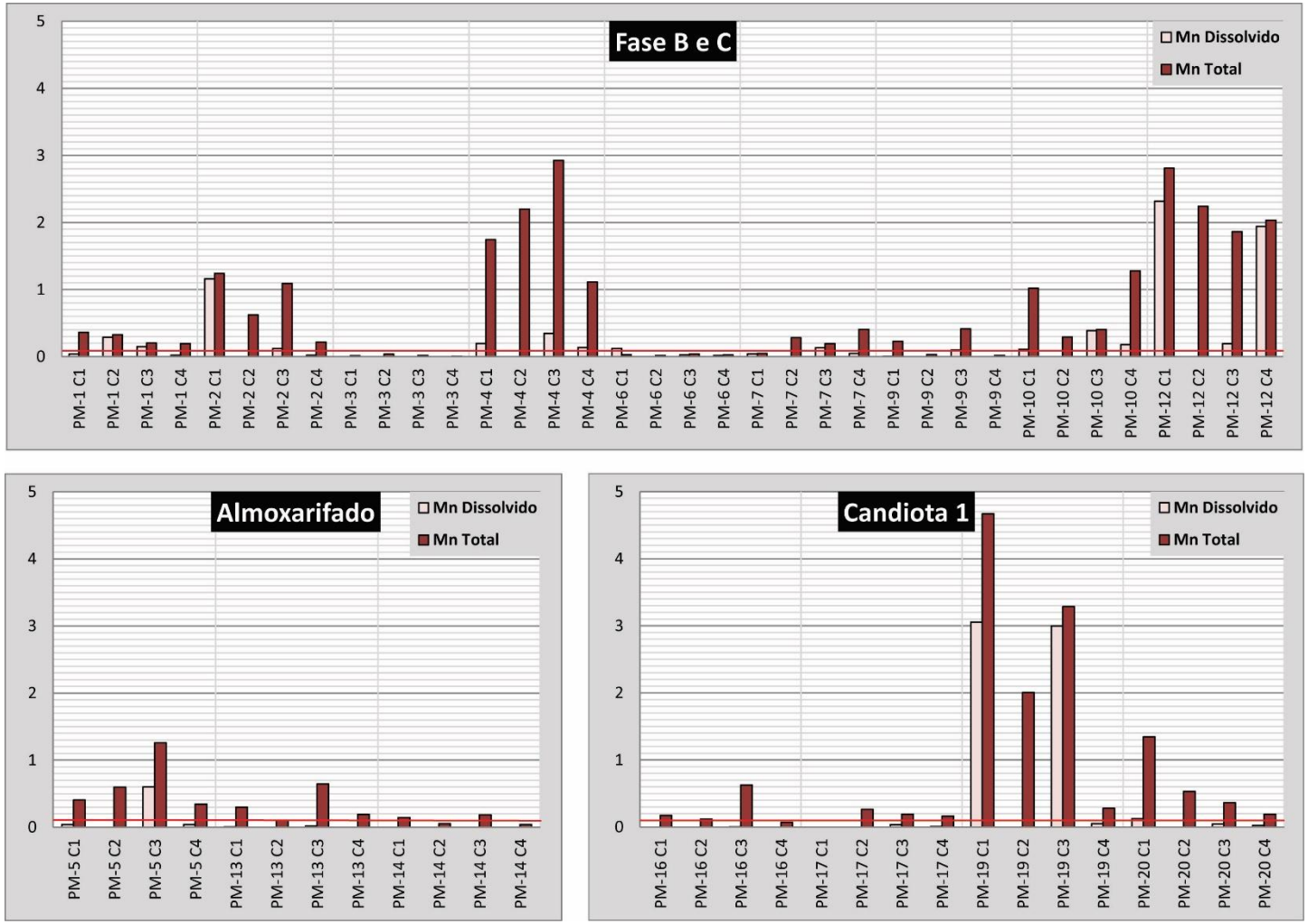


Figura 4.2.9 - Gráficos comparando os valores entre manganês total e dissolvido. Linha vermelha: limite Mn total (CONAMA 396-2008).

A figura 4.2.10 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de níquel dissolvido e níquel total. Os valores de níquel também não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento.

Na área da Usina Fase B e C o níquel total não atinge valores acima do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008. Já o níquel dissolvido é encontrado acima do limite apenas para o ponto PM-10com valor de até 0,037 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni.

Na área do Almoxarifado os valores de níquel total também não ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos, sendo detectado apenas no poço PM-14 bem abaixo do limite. O níquel dissolvido apenas ultrapassa o limite para o consumo humano no poço PM-14 durante a Campanha 3.

Na área do Candiota 1 os valores de níquel total e dissolvido não ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em todas as campanhas amostrais.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

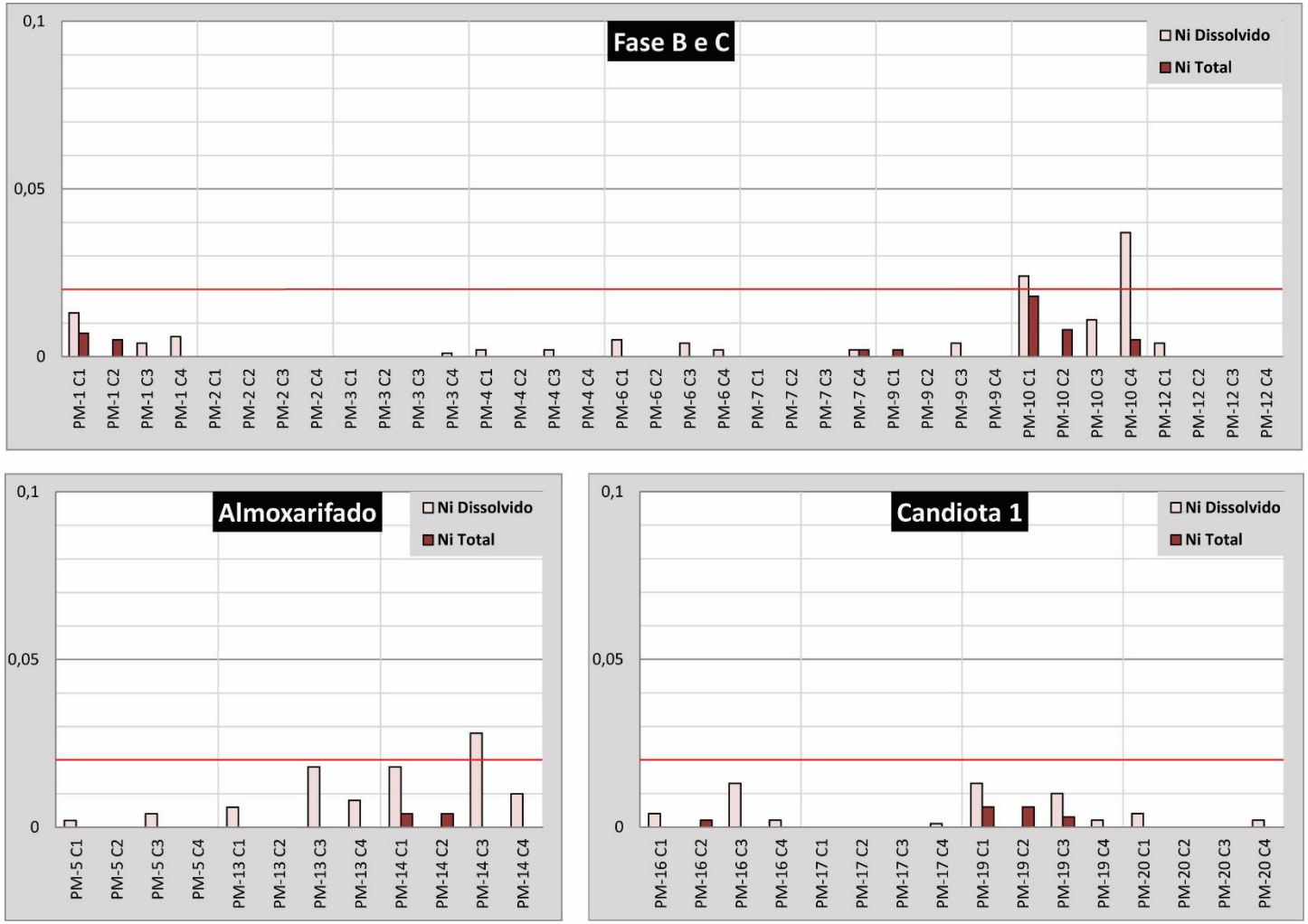


Figura 4.2.10 - Gráficos comparando os valores entre níquel total e dissolvido. Linha vermelha: limite Ni total (CONAMA 396-2008).

A figura 4.2.11 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de mercúrio dissolvido e mercúrio total. Os valores de mercúrio são pontuais e não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento.

Na área da Usina Fase B e C o mercúrio total atinge valor acima do limite de consumo humano apenas para o poço PM-12 definido na legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008. O mercúrio dissolvido foi encontrado acima do limite de consumo humano apenas no PM-12, sendo o único registro na área.

Na área do Almoxarifado os valores de mercúrio total e dissolvido ficaram abaixo do limite de detecção para todos os pontos em todas as campanhas.

Na área do Candiota 1 se apresentou valores de mercúrio total apenas para os poços PM-16 e PM-20 os quais estão abaixo do limite para o consumo humano. O poço PM-20 foi o único ponto a apresentar detecção, estando esse inclusive acima do limite legislativo e de mesmo valor que o seu correspondente total.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

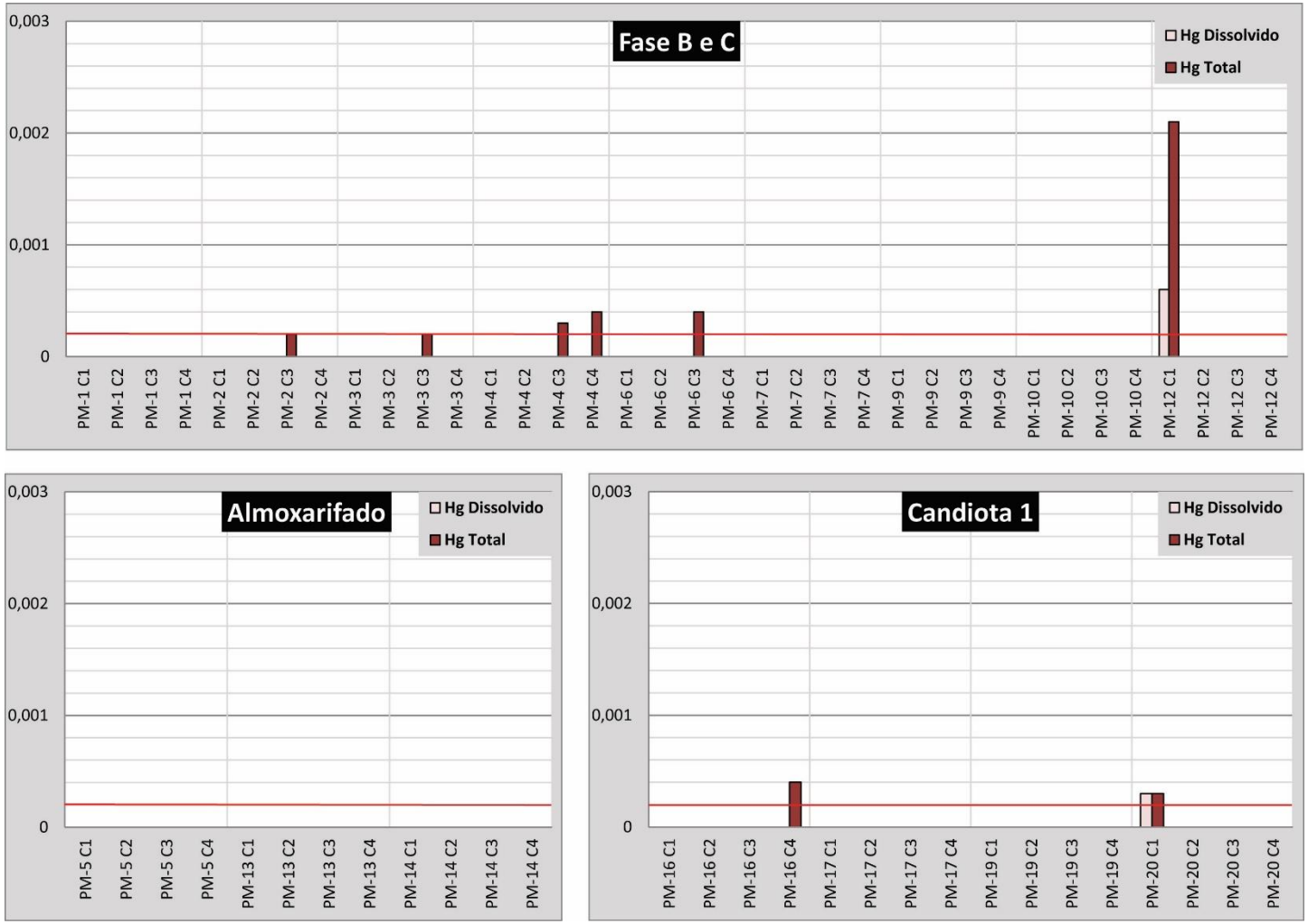


Figura 4.2.11 - Gráficos comparando valores entre mercúrio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Hg dissolvido (CONAMA 396-2008).

A figura 4.2.12 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio total (porção vermelha dos diagramas) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre alumínio total e dissolvido tem maior significância nos poços PM-4, PM-6, PM9 e PM-13 apresentando valores de Al dissolvido acima de 15%. O maior percentual de Al dissolvido se encontra no poço PM-4 com 35% de Al dissolvido. No entanto, é interessante analisar o segundo maior valor de 30% de Al dissolvido no poço PM-6 o qual está localizado na área externa e a montante da usina, podendo ser originário de fontes externas a área da usina termelétrica e relacionadas possivelmente aos usos do solo.

A figura 4.2.13 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro total (porção vermelha dos diagramas) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre ferro total e dissolvido tem maior significância nos poços PM-1, PM-4, PM6 e PM-13 apresentando valores de Fe dissolvido acima de 15%. O maior percentual de Fe dissolvido se encontra no poço PM-6 com 43%, justamente o ponto localizado na área externa e a montante da usina, e que assim como no caso do alumínio dissolvido, pode estar relacionada a fontes externas a área da usina termelétrica e relacionadas possivelmente aos usos do solo.

A figura 4.2.14 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês total (porção vermelha dos diagramas) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre manganês total e dissolvido tem maior significância nos poços PM-1, PM-2, PM-5, PM-6, PM7, PM-12 e PM-19 apresentando valores de Mn dissolvido acima de 15%. Assim como no caso do Fe dissolvido, o maior percentual de Mn dissolvido se encontra no poço PM-6

com 60% o qual está localizado na área externa e a montante da usina, reforçando a ideía que pode estar sendo enriquecido esse metal em fontes externas a área da usina termelétrica e relacionadas possivelmente aos usos do solo.

Contudo, analizando os mapas com as relações dos metais totais e dissolvidos pode-se observar uma leve tendência da entrada de metais vindos de noroeste em um contexto geral. Isso se dá devido o registro de altos teores de metais dissolvidos registrados no poço PM-6 (a montante da usina). Adicinando os dados de mercúrio o qual é raramente presenciado, porém encontrado nos pontos PM-2, PM-3, PM-4, PM-6 e PM-12, reforça a possível contribuição de áreas externas a usina termelétrica devido aos diversos usos do solo na região.

Juntando todos os dados analisados fica evidente que o consumo da água subterrânea se caracteriza imprópria para o consumo humano devido o extrapolamento dos limites legislativos para diversas variáveis estudadas.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

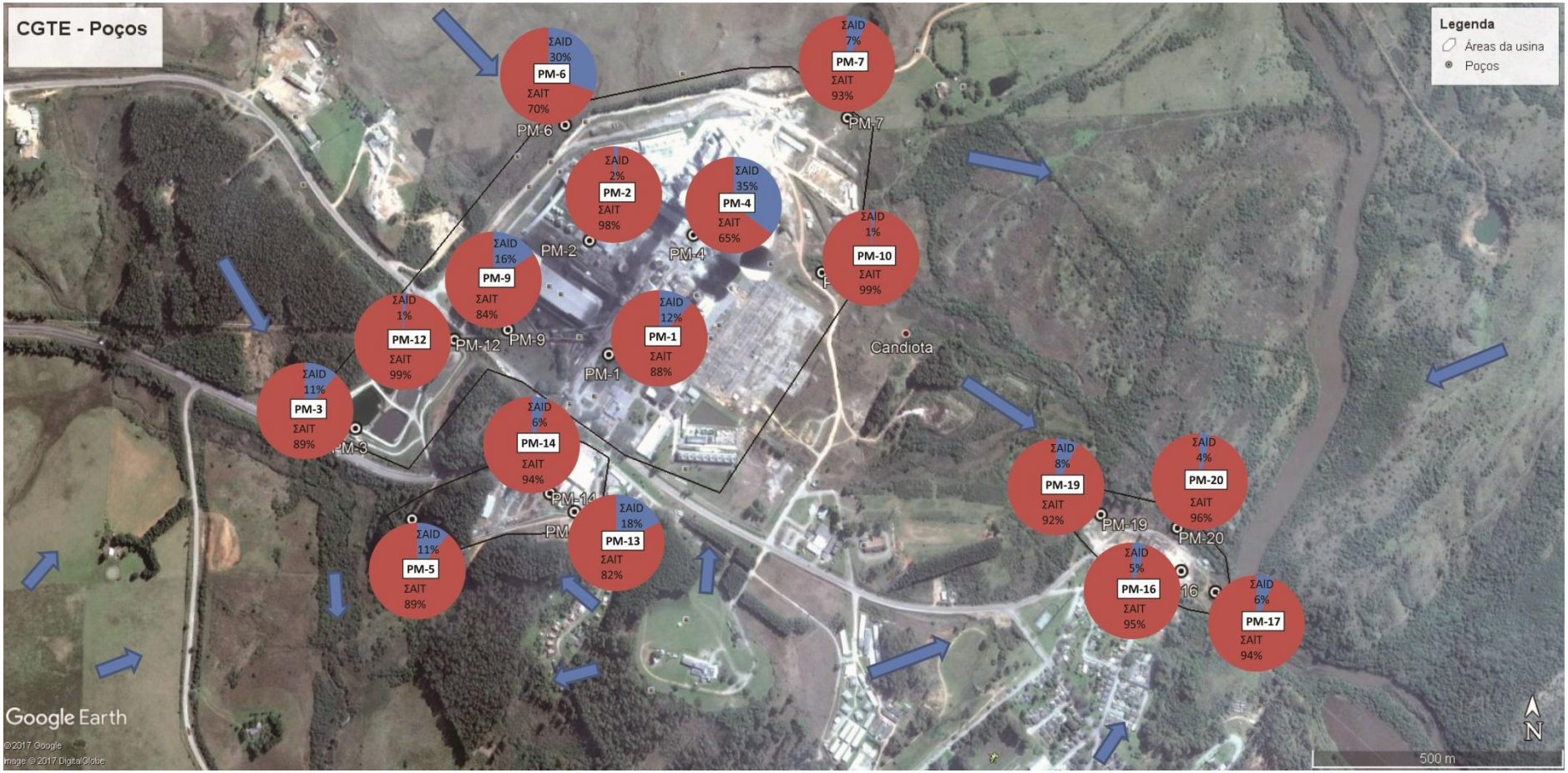


Figura 4.2.12 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio total (porção vermelha dos diagramas em pizza) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

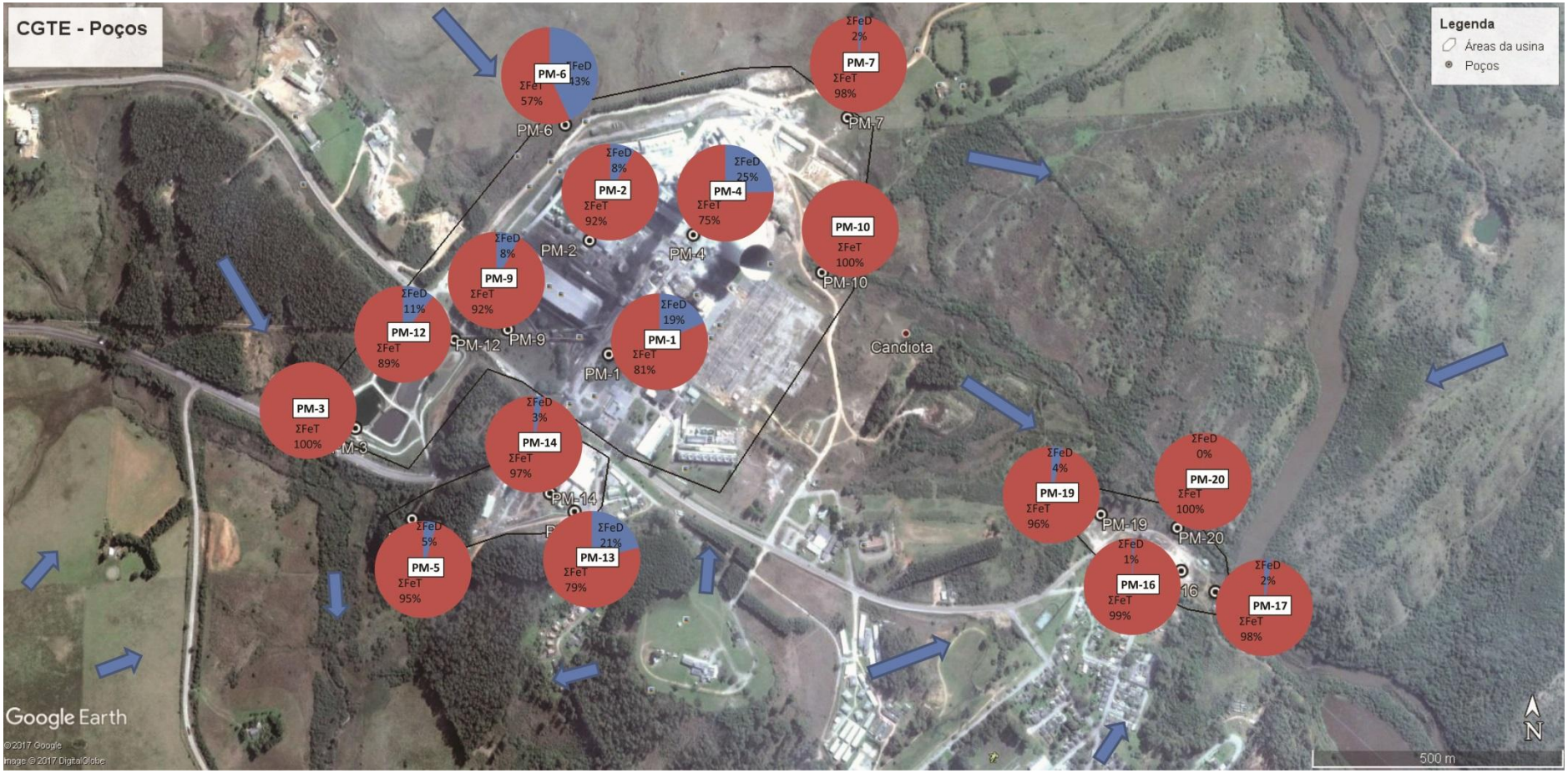


Figura 4.2.13 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro total (porção vermelha dos diagramas em pizza) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

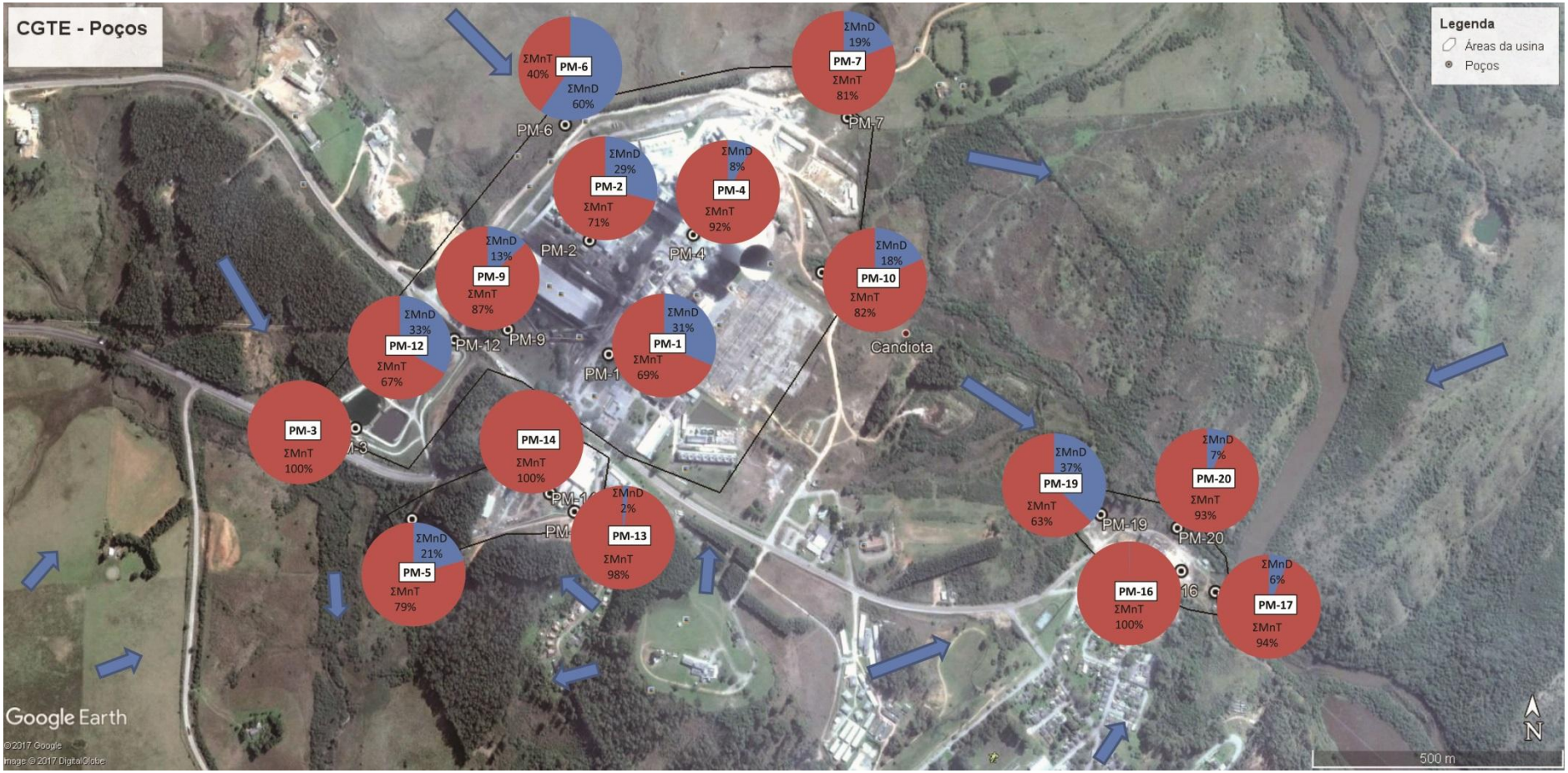


Figura 4.2.14 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês total (porção vermelha dos diagramas em pizza) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.

Considerações Finais e Recomendações

Nas quatro campanhas amostrais para a anuidade 2016/2017 observou-se a necessidade de restauração e preservação de muitos poços da rede de amostragem de água subterrânea, pois a falta de conservação como não possuir tampas, por exemplo, expõem ao risco de contaminação a tais poços e interferência negativa na avaliação da qualidade da água.

Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos revelam a baixa qualidade da água em um aspecto geral, sendo imprópria para o cosumo humano no que rege as legislações do CONAMA e do Ministério da Saúde. Os pontos PM-3 e PM-7 são os poços com as melhores condições de qualidade de água, porém ainda apresentam índices impróprios para o consumo humano. Sendo que apenas o poço PM-7 na primeira campanha amostral apresentou índices toleráveis para o consumo humano.

A contaminação por coliformes termotolerantes é preocupante em diversos poços em todas as campanhas amostrais, chegando a níveis muito elevados como nos casos dos pontos PM-5, PM-13 e PM-14 (Almoxarifado) apresentando medidas de mais de 1000 $NMP \cdot 100mL^{-1}$. Além do poço PM-6 o qual está localizado na parte externa a montante da termelétrica, sendo teoricamente um ponto branco em relação aos contaminantes de água subterrânea referentes à usina, contendo a presença de coliformes.

Contaminação com fenóis totais e óleos e graxas foram pontualmente presenciados acima dos limites tolerantes. Já o fósforo total, a cor e a turbidez apresentam índices acima dos limites para o consumo humano em quase todos os pontos amostrais em algumas campanhas.

O oxigênio dissolvido ficou abaixo do limite mínimo estipulado pela legislação em todos os poços de monitoramento.

Os metais que apresentaram valores acima do limite para alguns poços foram: alumínio, cádmio, chumbo, ferro, manganês, mercúrio e níquel. As

variáveis medidas de arsênio total e dissolvido, cádmio e cobre dissolvidos apresentaram valores abaixo do limite de detecção para todos os poços em todas as campanhas amostrais.

Os mapas exibindo as relações dos metais totais e dissolvidos de Al, Fe e Mn, não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento em relação ao tempo. Mas pode-se observar uma sutil tendência da entrada de metais vindos de noroeste em um contexto geral. Isso se dá devido o registro de altos teores de metais dissolvidos registrados no ponto PM-6 (a montante da usina). Adicionando os dados de mercúrio (que é raramente presenciado, porém encontrados nos pontos PM-2, PM-3, PM-4, PM-6 e PM-12), reforça a constatação da possível contribuição de áreas externas a usina termelétrica devido aos diversos usos do solo na região. No entando existe também a forte colaboração natural desses elementos (Al, Fe, Mn), contribuindo principalmente com a fração sólida suspensa nas águas.

O chumbo apresentou maiores valores nas áreas do Almoxarifado e Candiota 1, e suas concentrações diminuíram em relação as duas últimas campanhas, compreendendo apenas Pb total e a ocorrência praticamente na fração sólida em suspensão. Porém, devido à toxicidade do chumbo é importante a constante verificação do parâmetro.

A continuidade do monitoramento das águas subterrâneas é de grande importância para a região devido ao alto potencial de contaminação das águas devido as atividades realizadas.

Torna-se interessante incluir a análise de Sólidos Totais e Nitrogênio Total nas próximas campanhas de monitoramento, a fim de possibilitar o cálculo de índices de qualidade da água.

Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Subterrâneas

Ensaios de toxicidade das águas subterrâneas coletadas nos poços de monitoramento presentes na área da Usina Termelétrica Presidente Médici foram realizados nas amostras coletadas nos meses de novembro de 2016 e janeiro, abril e julho de 2017.

Nas duas primeiras campanhas (Nov/2016 e Jan/2017) foram realizadas avaliações seguindo as metodologias listadas na tabela 4.2.20.

Nestas duas avaliações, apenas a alga *P. subcaptata* apresentou efeitos decorrentes da exposição às amostras coletadas nos poços de monitoramento.

Para as duas campanhas seguintes optou-se por refinar a avaliação, buscando identificar a presença de toxicidade crônica nas amostras coletadas nos poços de monitoramento (Tabela 4.2.21).

Note-se que em todas as campanhas a avaliação da toxicidade para algas utilizou a mesma metodologia (ABNT NBR 12648:2011), a qual é considerada universalmente como determinante da toxicidade crônica. Contudo a metodologia permite estimar a toxicidade aguda. No caso das águas subterrâneas foi considerado como toxicidade aguda nos casos de inibição total no desenvolvimento das algas, após o período de exposição às amostras previsto na metodologia.

Tabela 4.2.20 – Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas nas campanhas de Nov/2016 e Jan/2017.

PARÂMETRO	***METODOLOGIA/REFERÊNCIA***
Toxicidade aguda com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15088:2016
Toxicidade aguda com o microcrustáceo *Daphnia magna*	ABNT NBR 12713:2016
Toxicidade aguda com a alga *Pseudokirchneriella subcaptata*	ABNT NBR 12648:2011

Tabela 4.2.21 – Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas nas campanhas Abr/2017 e Jul/2017.

PARÂMETRO	**METODOLOGIA/ REFERÊNCIA**
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2015
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2016
Toxicidade crônica com a alga *Pseudokirchneriella subcaptata*	ABNT NBR 12648/2011

Os resultados das análises ecotoxicológicas realizadas estão apresentados na tabela 4.2.22. Os resultados devem ser observados com cautela. A maior incidência de efeitos observados ocorreu para apenas um dos organismos-teste utilizados, a alga *P. subcaptata.* Não pode ser descartada uma possível interferência que compostos naturais do ambiente podem causar sobre os ensaios com este organismo-teste.

O manganês, ao oxidar, tem potencial para arrastar nutrientes presentes no meio. Este arraste pode ocorrer com os nutrientes acrescentados durante o ensaio e utilizados para garantir o crescimento das algas. Uma redução significativa no crescimento das algas é interpretada como efeito tóxico.

As amostras coletadas nos poços de monitoramento PM1, PM3, PM4, PM10, PM 12 e PM 19, contudo, apresentaram inibição total no desenvolvimento das algas, caracterizando como presença de toxicidade aguda em, pelo menos, 50% das campanhas. Esse grau mais elevado na toxicidade destas amostras pode ser considerado como além da capacidade de interferência sobre o método.

Não é possivel, aqui, identificar a origem da toxicidade nas águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici. Contudo, cabe ressaltar que os poços acima listados, os quais apresentaram a maior intensidade e frequência de toxicidade, também são os mesmos a apresentar os valores mais elevados de condutividade elétrica (> 450µS).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.22 - Resultados das análises ecotoxicológicas realizadas nas amostras coletas nos poços de monitoramento nas campanhas realizadas de Nov/2016 a Jul/2017 nos poços de monitoramento presentes na área da Usina Termelétrica Presidente Médici e escala de condutividade elétrica média dos poços.

Poços de Monitoramento		Peixe *P. promelas*				Microcrustáceo *D. magna*				Alga *P. subcaptata*			
	Cond.	11/16	01/17	04/17	07/17	11/16	01/17	04/17	07/17	11/16	01/17	04/17	07/17
PM 01										TA	TC	TC	TA
PM 02										TC	TC	TC	TC
PM 03										TA	TC	TC	TA
PM 04										TA	TC	TA	TA
PM 05										TC	TC	TC	
PM 06								TC					
PM 07								TC			TC	TC	TC
PM 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM 09													
PM 10								TC	TC	TA	TC	TA	TA
PM 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM 12										TA	TC	TA	TA
PM 13										TC			
PM 14								TC		TC			
PM 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM 16										TC	TC	TC	TC
PM 17										TC			
PM 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM 19										TA	TC	TA	TC
PM 20										TA	TC	TC	TC

TA	Toxicidade Aguda	TC	Toxicidade Crônica		Nenhum Efeito	-	Não Amostrado
	Cond. > 450µS		Cond. 150 µS a 450µS		Cond. < 150µS		

Referências Bibliográficas

ABNT, 2011 NBR 12648, Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). Ensaio de Crescimento Algáceio com *Pseudokirchneriella subcaptata* (*Selenastrum capricornutum*) ou *Scenedesmus subspicatus.*

ABNT, 2015. NBR 15499, Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. Ensaios de Toxicidade Crônica com *Pimephales promelas.*

ABNT, 2016. NBR 13373, Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT NBR 15470:2013, Toxicidade aguda e crônica — Método de ensaio com Hyalella spp (Amphipoda) em sedimentos.

ABNT NBR 12713:2016, Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT NBR 15088:2011, Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes.

Allen S.K., Allen J.M., Lucas S. 1996. Concentration of contaminants in surface water samples collected in westcentral Indiana impacted by acid mine drainage. Environ. Geol., 27:34-37.

Banks D., Younger P.L., Arnesen R., Iversen E.R., Banks S. 1997. Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. Environ. Geol., 32:157-174.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. 2004. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Disponível em http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/ pdf/portaria_518_2004.pdf. Acessado em 26 set 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2008. Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008. Disponível em http://www.mma.gov.br/ port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562. Acessado em 18 jun 2008.

CHOW V.T. 1964. Handbook of applied hydrology. New York, McGraw-Hill, 1400p.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO (CRM) 2008. Carvão, Jazida de Candiota. Disponível em http://www.crm.gov.br/hypervisual/carvao/carvao_candiota.php?secao=carvao. Acessado em 25 out 2008.

Daemon R.F. & Marques-Toigo M. 1991. An integrated biostratigraphic column for the Paraná Basin, Brazil. In: International Congress of

Carboniferous-Permian Stratigraphy and Geology,12, Buenos Aires, Resumos, p.25.

Deutsch W.J. 1997. Groundwater Geochemistry: fundamentals and applications to contamination. New York, Lewis, 221p.

Fernandes L.F.D., Tommasi A., Porcher C.C., Menegat R., Koester E. 1993. Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu: caracterização e importância na compartimentação tectônica do Cinturão Dom Feliciano. Rev. Bras. Geoc., 23:1-10.

Fiedler H.D. 1987. Caracterização do carvão em Candiota e implicações ambientais do seu processamento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 156p.

Fiedler H. & Solari J. 1988. Caracterização do impacto ambiental da mina de Candiota sobre as águas superficiais da região. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios de Hidrometalurgia, São Paulo, Anais, 13:483-498.

Garrels R.M. & Thompson M.E. 1960. Oxidation of pyrite by iron sulfate solutions. Am. J. Sci., 259:57-67.

Goni J.C., Goso H., Issler R.S. 1962. Estratigrafia e Geologia econômica do Pré-cambriano e Eo-paleozóico uruguaio e sul-riograndense. Boletim da Escola de Geologia, UFRGS, 3:1-105.

Holz M. 1999. Early Permian sequence stratigraphy and the palaeophysiographic evolution of the Paraná Basin in southernmost Brazil. J. African Earth Sci., 29:51-61. Holz M., Kalkreuth W., Banerjee I. 2002. Sequence stratigraphy of paralic coal-bearing strata: an overview. Int. J. Coal Geol., 48:147-179.

Hvorslev M. 1951. Time leg and soil permeability in groundwater observations. Bull. U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, 36:50.

Ketzer J.M., Holz M., Morad S., Al-Aasm S. 2003. Sequence stratigraphic distribution alterations in coal-bearing, paralic sandstones: evidence from the Rio Bonito Formation (early Permian), southern Brazil. Sedimentology, 50:855-877.

Kim J.Y. & Chon H.T. 2001. Pollution of a water course impacted by acid mine drainage in the Imgok creek of the Gangreung coal field, Korea. Appl. Geochem., 16:1387- 1396.

Machado J.F.L. 1985. Mineração de carvão: contaminação e vulnerabilidade dos mananciais. In: Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, 2, Florianópolis, Boletim de Resumos Expandidos, 1:539-553.

Machado J.L.F., Peruffo N., Luna J.E.S. 1984. Projeto de Estudo da Vulnerabilidade à Contaminação dos Mananciais Subterrâneos Decorrente da Extração do Carvão Mineral. Relatório Final, Porto Alegre, CPRM, 301p.

Martins A.F. & Zanella R. 1987. Análise de águas de superfície e de profundidade da região de Candiota, RS: determinação da concentração de elementos traços de relevância ambiental, elementos menores e macroelementos. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1, Porto Alegre, Anais, 2:217-223.

Migliavacca D.M. 2001. Estudo da precipitação atmosférica na região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 131p.

Paktunc D. 1999. Mineralogical constraints on the determination of neutralization potential and prediction of acid mine drainage. Environ. Geol., 39:103-112.

Streck C.D. 2001. Estudo da qualidade das águas superficiais e estimativa dos fluxos de elementos-traço na região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 159p.SURFER 2002. SURFER 8.0: Contouring and 3D surfasse mapping for scientists and engineers. New York, Golden Software Inc. 640p.

Williams E.G., Rose A.W., Parizek R.R., Waters S.A. 1982. Factors controlling the generation of acid mine drainage. Final Report on United States Bureau of Mines Research Grant N. G5105086, Pennsylvania, University Park, 265p.

Wolery T.J. & Daveler S.A. 1992. EQ3/6, A Computer Program for Reaction Path Modeling of Aqueous Geochemical Systems: Theoretical Manual, User's Guide, and Related Documentation (Version 7.0). Livermore, University of California, 246p.

Zalan P.V., Wolff S., Astolfi M.A.M., Santos V.I., Conceição J.C.J., Appi V.T., Neto E.V.S., Cerqueira J.R., Marques A. 1990. The Paraná Basin, Brazil. In: Leighton M.W., Kolata D.R., Oltz D.F., Eidel J.J. (eds.) Interior cratonic basins. Tulsa, AAPG Memoir, 51:681-708.

Chow, Ven Te (1964) 'Runoff' Section 14. In: Handbook of Applied Hydrology (edited by V. T. Chow).McGraw Hill Co.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Grande Candiota Bloco Sul de Candiota, Arroio dos Vimes: relatório final de pesquisa, áreas RS-15, RS-16, RS-17, RS-18, RS-19, RS-20, RS-21, RS-22, RS-23, RS-24 e RS-25. Porto Alegre: CPRM, 1987. 2 v.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta geológica do Brasil ao milionésimo : sistema de informações geográficas - SIG = Geological map of Brasil 1:1.000.000 scale : geographic information system - GIS 2004 edition: folha SH.22 Porto Alegre. Brasília: CPRM, 2004. CD 40/41. 41 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil. ISBN 85-7499-009-4.

Craig, H. (1961) Isotopic variations in meteoric waters. Science, 33, 1702-1703.

Dethier, David P. (1979) Atmospheric contributions to stream water chemistry in the North Cascade

Range, Washington. Wat. Resour. Res. 15, 787-794.

Dincer, T., Al-Mughrin & Zimmerman, U. (1974) Study of the infiltration and recharge through the sand

dunes in arid zones with special reference to the stable isotopes and thermonuclear tritium. J. Hydrol.23, 79-109.

Eriksson, G. & Khunakasem, V. (1968) The chemistry of groundwaters. In: Groundwater Problems (edited by G. Eriksson, Y. Gustafsson and T. Nilsson), pp. 89-121. Pergamon Press, Oxford.

Eriksson, E. & Khunakassem, V. (1969) Chloride concentration in groundwater, recharge rate and rate of deposition of chloride in the Israel Coastal Plain. J. Hydrol. 7, 178-197.

Eugster, H.P. & Hardie, L.A. (1978) 'Saline Lakes'. In: Lakes: Chemistry, Geology. Physics (edited by A. Lerman), pp. 237-294. Springer Verlag, Berlin.

Garrels, R.M. (1976) A survey of low temperature water-mineral relations. In: Interpretation of Environmental

Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology. IAEA, Vienna, 65-84. Surface and subsurface water relationship 267

Garrels, R.M. & Mackenzie, F.T. (1967) Origin of the chemical compositions of some springs and lakes.In: Equilibrium Concepts in Natural Waters Systems, pp. 222 242. ACS.

Gat, J.R. (1975) Elucidating salination mechanisms by stable isotope tracing of water sources. In:

Brackish Waters as a Factor in Development (edited by A. Issar), pp. 15-24. Desert Research Inst., Ben

Gurion University of the Negev, Beersheva.

Gat, J.R. (1977) The water potential of the arid zone. Ann. N. Y. Acad. Sci. 300, 33-39.

Gat, J.R. & Issar, A. (1974) Desert isotope hydrology: water sources of the Sinai Desert. Geochim.

Cosmochim. Acta, 38, 1117-1131.

Gat, J.R. & Naor, H. (1979) The relationship between salinity and the recharge/discharge mechanism in arid lowlands. In: The Hydrology of Areas of Low Precipitation (Proceedings of the Canberra Symposium, December 1979), 307-312. IAHS Publ. No. 128.

Gat, J.R. & Tzur, Y. (1967) Modification of the isotope composition of rainwater by processes which occur before groundwater recharge. In: Isotopes in Hydrology, pp. 49-60. IAEA, Vienna.

Gibbs, H.J. (1970) Mechanism controlling world water chemistry. Science, 70, 1088-1090.

Goldschmidt, M.J. & Jacobs, M. (1958) Precipitation over and replenishment of the Yarkon and Nahal-Hataninim Underground Catchments. Hydrol. Paper No. 3, Hydrological Service, Jerusalem.

Graf, D.L., Friedman, I. & Meents, W.F. (1965) The origin of saline formation waters. II. Isotopic fractionation by shale micropore systems. Illinois Geol. Surv. Circ. 393, 1-32.

Hellwig, D.R. (1973) Evaporation of water from sand. The loss of water into the atmosphere from a sandy river bed under arid conditions. /. Hydrol. 18, 305-316.

Hellwig, D.R. (1974) Evaporation of water from sand. 5. The effect of evaporation on the concentration of salts dissolved in water stored in sand. J. Hydrol. 21, 101-110.

Junge, Ch. (1963) Air chemistry and Radioactivity. Academic Press, N.Y.

Kheonevromme, I. & Garner, L.R. (1979) Dissolved iron: an indicator of the groundwater componente of small streams tracing a granite terrain, Southern Carolina. Wat. Resour. Res. 15, 15-20.

LEVIN, M., GAT, J.R. & ISSAR, A. (1980) Precipitation, floods and groundwaters of the Negev Highland:an isotopic study of desert hydrology. In: Isotopic Methods in Arid Zone Hydrology. IAEA, Vienna.In press.

MACHADO, José Luiz Flores; FREITAS, Marcos Alexandre de. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM Escala 1:750.000.

MAGARITZ, M. & AMIEL, A.J. (1980) Calcium carbonate in a calcareous soil from the Jordan Valley, Israel:its origin as revealed by the stable isotope method. Soil Soc. Am. J. (in press.)Pearson, F.J. & Swarzenski, W.T. (1974) 14C evidence for the origin of arid region groundwaters,Northeastern Province Kenya. Isotope Techniques in Groundwater Hydrology, II, 95-108, IAEA,Vienna.

MENEZES Fº, N. R. Projeto Grande Candiota – Áreas de Hulha Negra, Tupi Silveira e Pedras Altas: sul de Candiota. Porto Alegre : CPRM, 1982. 1 mapa 60 x 60 m, escala 1:50.000.

MENEZES J.R.C. 1994. Estratigrafia de seqüências em dados de sondagem: aplicação ao permiano da Bacia do Paraná na região de Candiota (RS). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 124 p.MILANI, E.J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 2 V. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

Pinder, G.F. & Jones, J.F. (1969) Determination of the groundwater component of peak discharge from the chemistry of total runoff. Wat. Resour. Res. 5, 438-445.

Salomons, W. & Mook, W.G. (1976) Isotope geochemistry of carbonate dissolution and precipitation in soils. Soil Sci. 122,15-24.

Schmorak, S. & Mercado, A. (1969) Wat. Resour. Res. 5, 1290-1311.

Schôeller, H. (1959) Arid zone hydrology: recent developments. UNESCO Series on Arid Zone Research, No. 12, Paris.

Skibilzke, H., Brown, R.H. & Harshbarger, J. (1963) Water and its use. In: Aridity and Man. Publ. 74, AAAS, 145-171.

Sklash, M.G., Farvolden, R.N. & Fritz, P. (1976) A conceptional model of watershed response to rainfall, developed through the use of oxygen-18 as a natural tracer. Can. J. Earth Sci. 13, 271-283.

SILVEIRA, M. C. de M. Aspectos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos do Aqüífero Rio Bonito na Região de Candiota - RS. / - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2007. [100 f]. il. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia.

Slatyer, R.O. & Mabbutt, J.A. (1964) Hydrology of arid and semi-arid regions. In: Handbook of Applied Hydrology (edited by V. T. Chow), pp. 24.1-24.46, McGraw Hill Co.

Stumm, W. & Morgan, J.T. (1970) The acquisition of solutes. Chapter 8.2. In: Aquatic Chemistry,Wi ley-1 nterscience.

Sugawara, K. (1967) Migration of elements through phases of the hydrosphere and atmosphere. In:Chemistry of the Earth's Crust, vol. 2 (edited by A. P. Vinogradov), pp. 501-510. Israel Program for Scientific Translations.

TESSARI, R. I.; GIFFONI, L. E. Geologia da Região Piratini Pinheiro Machado Bagé ,Rio Grande do Sul. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, n. 246, p.103-122, 1970.

Verhagen, B.T., Mazor, E. & Sellschop, J. (1974) Radiocarbon and tritium evidence for direct rain recharge to groundwaters in the northern Kalahari. Nature, 249, 643-644.

White, D. (1965) Saline waters of sedimentary rocks in fluids in subsurface environments (edited by M. R. Galley and A. Young). Mem. Am. Ass. Petrol. 4, 342-366.

Yaalon, D. (1964) Downward movement and distribution of anions in soil profiles with limited wetting:In Proc. 11th Easter School in Agricultural Sciences, Nottingham University, pp. 157-164.

Inmet, Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas

RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

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.

MINISTÉRIO DA SAÚDE PORTARIA N.º 1469, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

CETESB, 2007. Procedimento para estabelecer e utilizar os valores orientadores para solo e água subterrânea. São Paulo-SP.

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency. National Primary Drinking Water Standards. 2009. Disponível em: <www.epa.gov/safewater>. Acesso em: 29 jul. 2009.

WHO - World Health Organization. Guidelines for drinking - water quality. 3º ed. Geneva: WHO, 2006. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health >. Acesso em: 12 jan. 2007.

4.3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS DO ARROIO CANDIOTA.

Introdução

O presente relato reúne os dados sobre os sedimentos, obtidos nas campanhas amostrais, a partir de novembro de 2016 a julho de 2017, perfazendo um total de quatro campanhas amostrais, apresenta-se em um formato de documento que favorece os paradigmas existentes sobre o assunto e a discussão dos dados obtidos.

A primeira campanha amostral (AE) novembro de 2016 apresenta sete estações amostrais na calha fluvial do Arroio Candiota, aquelas previstas no Biomonitoramento, previamente. Já a segunda Campanha amostral (AF) janeiro de 2017, apresenta 8 estações amostrais. Isto deve-se a solicitação do IBAMA em trocar a estação 1 que deve ser o branco do estudo em que "sofreria" influencias outras não sendo adequada a esta utilização. Esta oitava estação 1aAF, foi executada para mostrar que independentemente da localização na bacia, não se estabeleceria o "ponto branco", já que a variação fisiográfica, Geomorfologia do Arroio, e a intensidade dos usos impediu que isto acontecesse.

Já as campanhas amostrais AG, abril de 2017 e AH, julho de 2017, apresentam oito estações amostrais cada uma. A oitava estação deve-se a solicitação do IBAMA de amostrar a calha fluvial junto ao derrame do efluente da Térmica.

Foram encaminhados relatórios parciais de cada uma das campanhas amostrais apresentando os resultados obtidos, de forma escrita a CGTEE e acompanhadas de arquivo no formato "pdf" em mídia, como reza o contrato celebrado entre a Fundação Luiz Englert da UFRGS e a CGTEE.

Este estudo foi conduzido para avaliar o nível de contaminação dos elementos químicos em amostras de sedimentos do Arroio Candiota que, indiretamente, representa a qualidade geral do Arroio. As amostras de

sedimentos do Arroio foram coletadas em quatro campanhas amostrais, utilizando um amostrador do tipo Corer, favorecendo a extração do primeiro cm da camada sedimentar, que é a camada ativa do Arroio.

O conteúdo total de Al, Fe, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, e Zn foram medidos conforme os métodos explicitados na página 157, na tabela 4.3.1.

A avaliação da qualidade dos sedimentos superficiais de fundo do Arroio Candiota foi feita com base na informação mostrada pelo fator de enriquecimento (EF) e o índice de geoacumulação (Igeo).

Na análise do Igeo os valores obtidos não indicaram, claramente, que a maioria das amostras de sedimentos analisadas neste estudo continham os metais pesados, selecionados nos níveis de contaminação, os "tresholds", para os limites usados; que são:

TEC, LEL, ERL, TEL e os "backgrounds" (os valores médios da crosta, o Clarke e por último os valores de Xisto médios publicados por Turenkian e Wedepohl, 1961; Bowen, 1979).

Estes são os valores em que quando superados, há alta probabilidade de algum efeito nos organismos dos arroios. Ou ainda, para constatar a poluição, os limites superados, os quais determinam alta probabilidade da letalidade dos organismos do Arroio Candiota, são os valores das concepções PEC, SEL, ERM, e PEL estabelecidos por NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration; Long et al. (1990); Persaud 1993; MacDonald (1994); MacDonald (2000).

Já com base nos valores de EF o fator de enriquecimento, os valores registrados neste estudo, pode-se concluir que no Arroio Candiota os sedimentos são significativamente contaminados com os metais estudados.

Discussão Inicial

O sedimento fluvial é uma parte integral e importante do meio aquático e desempenha um papel significativo na qualidade da água. Os maiores níveis de contaminantes são frequentemente associados a eles em comparação com a coluna d'água sobrejacente.

Os dados indicam claramente que Fe e Al, são os dois elementos que dominam as amostras de sedimentos de superfície do Arroio Candiota. A existência desses dois metais em sedimentos fluviais poderia estar relacionada à origem natural. Os elementos relacionados, antropogênicos, apresentaram menor concentração do que os elementos relacionados à litogenicidade, Fe e Al.

Os metais Hg, Cd e As, são os três metais que foram observados na menor concentração. Em geral, os teores de metais das amostras de sedimentos foram significativamente maiores em comparação com a concentração de nível de base. Indicando indiretamente, a influência da contribuição de atividades antropogênicas para a elevação das assinaturas geoquímica dos metais medidos no Arroio Candiota.

O alto valor do desvio padrão, a alta variância, e o alto coeficiente de variação (Tabelas 4.3.2 até 4.3.12) indicaria uma forte disparidade da concentração desses elementos entre as oito estações de amostragem. A avaliação do RTR "Razão de Referência", mostra de forma quantificada estas diferenças configuradas no valor ART (Valor Agregado da Razão de Referência), apresentados na tabela 4.3.20 a 4.3.23. O valor de RTM (Razão de máximo valor) aprofunda estas relações de diferenças estabelecendo uma ordem de degradação entre as estações amostrais. Veja as tabelas 4.3.24 a 4.3.27 e nas figuras 4.3.8 a 4.3.11.

Relacionamentos entre os elementos, são úteis para obter informações interessantes sobre fontes de elementos e seus caminhos, a inter-relação dos metais obtidos neste estudo é mostrada na tabela 4.3.13. Além disso

para aprofundar estas relações entre elementos apresentam-se as figura 4.3.5 e 4.3.6, mostram-se os resultados da análise de agrupamentos, as similaridades entre os elementos, e as estações os dendrogramas como estas relações se apresentaram respectivamente, já nas tabelas 4.3.14, 4.3.15 e 14.3.16 apresentam-se estas relações em que 11 variáveis (os elementos medidos) originais são estatisticamente reduzidas a três variáveis hipotéticas, o Fator 1 poderia ser denominada de "influência dos óxidos"; o Fator2 poderia ser denominado de "efluentes" e o terceiro Fator 3 poderia ser denominado de "defensivos agrícolas".

As associações dos elementos, que se esperava encontrar sob condições naturais, não são aquelas encontradas. Deveriam estar agrupados segundo as regras de comportamento e de afinidade que possibilitariam predizer a presença ou a ausência de um ou mais elementos em função da presença de um outro. Porém este paradigma sofre extremadas restrições quando existe a interferência humana nos processos geoquímicos.

Além disso a abertura de comportas da "fonte fria" reservatório da Usina, associada a precipitações pluviométricas colocando não somente a força física do deslocamento de massas de agua sob a forma de ondas de cheias que se associam a precipitação pluviométrica, e ainda as pressões econômicas dos vários usos com seus efluentes respectivos, e que não são conhecidos e podem ser percebidos, mas não reconhecidos numericamente, na calha do Arroio Candiota, representam uma alteração considerável importante no estado ambiental da Calha fluvial do Arroio Candiota e de seus tributários (ACt).

Desta forma, os elementos químicos podem vir a ocorrer em associações, em sinergias imprevisíveis e muito pouco prováveis. E são estas relações sinérgicas, muito difícil de medir, é que indicam a presença das atividades humanas influenciando tais comportamentos.

As concentrações naturais dos elementos traços, em sedimentos, são fortemente determinadas pela natureza do material inorgânico, resultante do intemperismo físico e químico. Esse material é formado principalmente por um número limitado de silicatos, tais como quartzo, feldspato, micas e argilominerais, e em quantidades menores pelos óxidos de metais e sulfetos. Entre os diferentes substratos geoquímicos que compõem os sedimentos, os mais importantes são aqueles que detêm a capacidade de reter e concentrar elementos traço e nesse caso destacam-se os compostos argilominerais, os óxidos hidróxidos de Ferro e Manganês e as substancias húmicas e substancias coloidais. Cabe a este biomonitoramento prospectar e apresentar tais relações, que é o que está sendo feito neste documento.

As correlações indicam que o Fe foi significativamente correlacionado com os metais de Mn, Hg, Ni, Zn, Al, Pb, Cu e Cr. Fe é considerado como um dos principais componentes da crosta terrestre e a acumulação de sedimentos é o resultado de exposição de longo prazo. Isto *em outras circunstancias poderia* sugerir fortemente que as existências dos oito elementos no sedimento do Arroio Candiota e seus tributários, foram controladas pelo "fator natural" dos processos litogênicos durante o progresso climático de materiais originais, tais como rochas e solos. No entanto, a oxidação da pirita, advinda da exploração do carvão, indica que, o Ferro também teve sua influência antropogênica, fazendo com que as suas associações naturais, também marquem ou até se somem as influências antropogênicas.

O Fe é um elemento mais facilmente implantado e seu silicato, carbonato e hidróxido são menos solúveis em comparação com os outros metais. O Ferro é considerado como um dos principais componentes da crosta terrestre e a acumulação em sedimentos é o resultado de exposição de longo prazo. Escala esta, amplificada pelo “bota fora” das minas, que ofertam as intempéries, os materiais que deveriam estar em processos diagenéticos natural em sub-superfície, em estratos construídos a milhares de anos na história geológica do lugar, não somente da Bacia do Paraná, mas no Escudo Cristalino.

A adsorção de metais costuma ocorrer em superfícies de argilominerais e óxidos de ferro, sendo um fenômeno que desempenha um importante papel no controle da geodisponibilidade, mobilidade e biodisponibilidade no ambiente aquático.

Os metais podem estar em diferentes formas ou modos de ligação nos sedimentos do ACt: podem precipitar como hidróxidos, sulfetos, carbonatos; serem adsorvidos e/ou coprecipitar com os hidróxidos e óxidos de ferro, manganês e alumínio e formar complexos orgânicos e inorgânicos.

Os óxidos de Manganês ocorrem como revestimentos em minerais ou como matéria em suspensão e desempenhar um papel significativo na distribuição de metais nos sedimentos devido à sua capacidade de sequestrar metais pesados (Förstner e Wittmann, 1981). Suas habilidades de sorção foram atribuídas à sua grande área de superfície e forte Carga de superfície negativa. As afinidades de óxidos de Mn para metais aumentam na ordem Ni <Zn <Cu <Pb.

O sulfato também ocorre naturalmente no ambiente e reagem com os metais para formar sulfatos de metais que geralmente estão em estado dissolvido. No entanto, os sulfatos são reduzidos sob condições anóxicas para formam sulfetos metálicos insolúveis tais como sulfeto de zinco (ZnS), sulfeto de cádmio (CdS), sulfeto de cobre (CuS), sulfeto de chumbo (PbS) e sulfato de níquel (NiS), que não são biodisponíveis e são estáveis durante longos períodos de tempo (Salomons, 1993; Simpson et al., 1998; USEPA, 2007).

Está amplamente estabelecido que a análise do metal total não dá indicação de mobilidade do metal, destino, biodisponibilidade e toxicidade ambiental. As extrações sequenciais são comumente usadas para estudar a distribuição geoquímica e a mobilidade dos metais nos sedimentos. Na extração sequencial os métodos foram descritos como "definidos operacionalmente" porque as quantidades dos metais extraídos dependem da solução de

extração e da metodologia de extração utilizada. Portanto a concentração medida de metal pode variar significativamente com o método de extração.

Neste estudo usamos a o metal total e os testes de ecotoxicidade para sanear tais questões. Temos que considerar na análise apresentada que:

Mudanças nas condições ambientais, são um fator importante que deve ser considerado, as mudanças das condições ambientais, como pH subjacente à água. Variações na taxa a que o sedimento é transportado como resultado de flutuações nas condições climáticas, como chuvas também são muito importantes. A física e a química, as características, pH, temperatura e oxigênio dissolvido do ACt foram medidos em diferentes pontos da coleta de amostras nesses locais amostrais contemporaneamente a amostragem dos sedimentos o capitulo da qualidade da água, neste relatório, mostra os resultados.

Nos eventos de tempestade e inundações, a maioria dos metais e os sedimentos contaminados são transportados durante períodos de fortes chuvas, julho de 2017 campanha amostral AH, foi exemplo disto. Vejam todos os resultados em conjunto mostrando uma verdadeira varredura por parte das águas do ACt em direção e sentido da foz do Arroio Candiota.

Existiria neste estudo, claramente, a necessidade de coletar amostras de sedimentos, após cada evento de tempestade de monitorar as variações potenciais na concentração de contaminantes de metais pesados resultantes de eventos de tempestade, a campanha AH é exemplo disto, além dos sedimentos as variáveis da qualidade da água do compartimento de estudo afeto ao meio aquático, dentro de um contexto mais amplo que foge ao escopo do monitoramento. De maneira aleatória foi o que aconteceu na Campanha AH-Julho de 2017, que a equipe de coleta presenciou a situação de extrema enchente, veja os dados;

- A Taxa de fluxo do Arroio Candiota e a taxa de sedimentação, da maioria dos Arroios, diferem de uma seção do Arroio para o outra, isto se deve as

configurações geomorfológicas que também afetam a taxa de deposição de sedimentos e as atividades dos organismos, associados a isto, que é um comportamento natural, existem as influencias antropogênicas. Amostras de sedimento foram coletadas em diferentes locais geomorfológicamente diferentes, e geologicamente diferentes, e isto também explica as variabilidades apresentadas, pelos dados;

- Frequência da amostragem, a variabilidade nas características dos sedimentos, como resultado de mudanças nas condições ambientais deveriam ser avaliados, em outro escopo evidente, por amostragem frequente, especialmente antes e depois de fortes tempestades, o que aqui foi feito ao acaso (Campanha AH equivale a tempestade, e as outras em situações naturais), veja os dados.

Elementos Essenciais X Elementos Tóxicos

Os elementos ditos metais são aqueles cujo peso específico é aproximadamente igual ou maior que 5, o peso especifico é a razão entre a densidade do metal e a densidade da água a 4^{o}C. Conceito este que inclui a maioria dos metais de transição e alguns dos metais dos grupos IIIA, IVA, VA e VIA da tabela periódica dos elementos.

Os chamados não-metais são elementos do grupo IV ao VII A da Tabela Periódica. Os metalóides B, Si, Ge, As, Sb, Te, e At apresentam algumas características tanto de metais como de não-metais. Excetuando-se os gases nobres (grupo VIII A), todos os demais elementos, inclusive os lantanídeos e os actinídeos, são metais.

O termo “metal pesado”, embora não seja bem definido na literatura, tem sido ao longo dos anos entendido como sinônimo de toxico, associados à contaminação e a poluição, tais como, o chumbo, cádmio, mercúrio, arsênio (metalóide). Muitos deles são considerados essenciais para o ambiente biológico tais como Cobre, Manganês, Selênio e o Zinco, mas em baixas concentrações. Os elementos que possuem densidade maior que 5 e massa

atômica maior que 40 são classificados quimicamente como metais pesados, com exceção do Ti e Se, sendo caracterizados em três classes diferentes:

- decorrência natural (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt e Au);
- insolúveis ou associados (V, **Cr**, **Mn**, Ti, Zr, Nb, Hf, Ta e W) e
- associados ao enxofre (Mo, Re ,**Fe**, Co, **Ni**, Cu, Ag, **Cd**, **Hg**, In, Tl, Ge, Sn, **Pb**, **As**, Sb, Bi, Se e Te).

O fato de um elemento ser dito "metal pesado" não implica necessariamente em "metal tóxico". Alguns deles são considerados nutrientes indispensáveis aos seres vivos, em baixas concentrações. São vários os íons metálicos essenciais ao bom funcionamento dos organismos vivos, e outros são fundamentais para a vida humana tais como Sódio, Cálcio, Potássio, Manganês, Ferro, Cobalto, Molibdênio, Cobre e Zinco.

O comportamento do Cobre e do zinco, são bons exemplos desta relação, são no sistema doadores de elétrons nos complexos enzimáticos, muito embora, a sua ingestão em concentrações além da essencialmente necessária ao bom funcionamento do organismo passa a ser considerada tóxica. Além disso, esses metais considerados essenciais, em baixas concentrações, podem levar o organismo a apresentar à deficiência nutricional. Este comportamento esta explicito nas figuras 4.3.1 e 4.3.2 (Martin e Sigel,1980).

Enquanto, alguns metais e seus compostos são considerados essenciais para os organismos vivos, outros são considerados inertes, já que não se acumulam no corpo e, ainda outros são considerados tóxicos. A estas concentrações é que prospectamos nos sedimentos do Arroio Candiota e seus tributários.

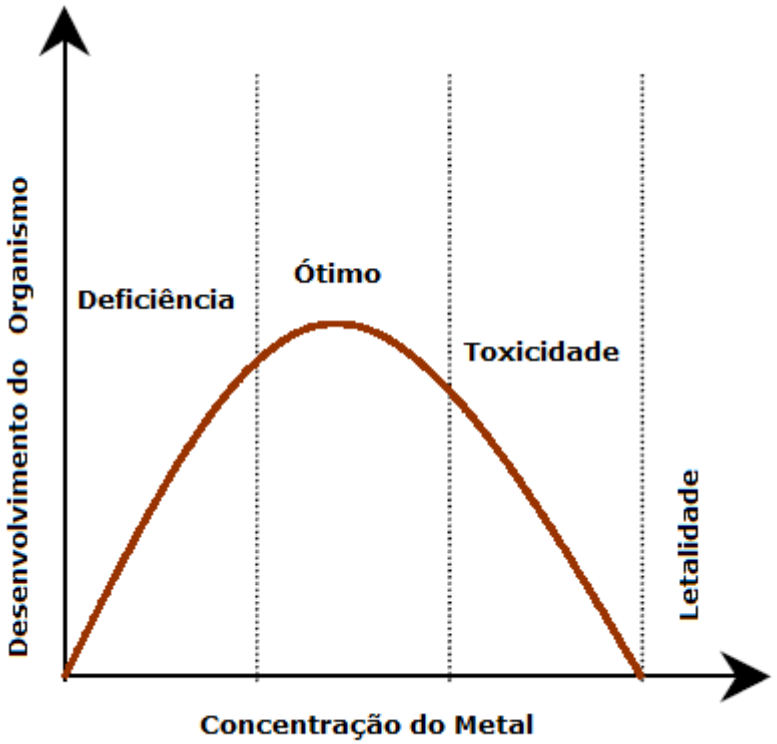


Figura 4.3.1 - Comportamento do metal essencial, e os organismos, segundo Martin e Sigel (1980).

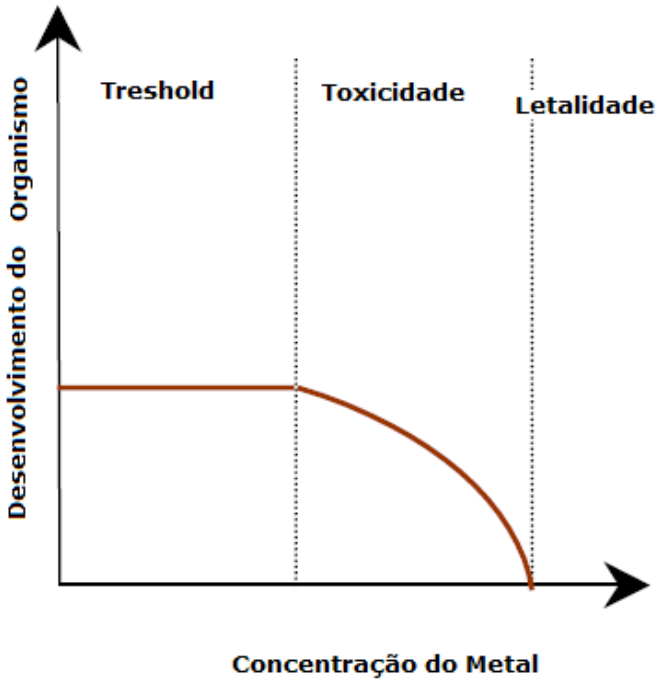


Figura 4.3.2 - Comportamento do metal não- essencial, e os organismos, segundo Martin e Sigel (1980).

O contexto deste estudo foi a vigilância ambiental da calha fluvial do Arroio Candiota. Esta contextualização foi perseguida através da caracterização física e química dos sedimentos em duas dimensões:

Espacial: a bacia hidrográfica em especial a área considerada como de influência da atividade termelétrica, representada por sete locais de amostragem (chamados, inicialmente, como área de influência da Usina Termelétrica).

Temporal: utilizando para tanto quatro campanhas amostrais, em uma frequência trimestral, sazonal, inverno, primavera, verão e outono.

O que são os sedimentos deste estudo?

Os sedimentos são materiais particulados que consistem em várias substâncias físicas e químicas, substâncias que são transportadas e, eventualmente, depositadas no fundo do Arroio Candiota e seus tributários (ACt).

Os sedimentos consistem de camadas de partículas de minerais e matéria orgânica, muitas vezes refinadas, encontrado nas partes submersas da calha fluvial do Arroio Candiota e seus tributários (ACt) na sua origem de água natural e que se originaram por diferentes processos físicos, químicos e biológicos, e com o passar do tempo enriquecidos com produtos liberados pelo desenvolvimento econômico. A maioria desses sedimentos é formada a partir de processos de sedimentação de partículas sólidas da erosão terrestre, da BHAC e, que entram por meio das contribuições da água de escorrimento e do tributários fluviais.

Os sedimentos do Arroio Candiota e seus tributários (ACt) é uma parte integral e importante do meio aquático e desempenha um papel significativo na qualidade da água. Isto porque, os maiores níveis de contaminantes são frequentemente associados a eles em comparação com a coluna de água sobrejacente e subjacente.

A água é o principal veículo de transporte de sedimentos, embora o vento (movimentação da bacia aérea) também seja importante. A ação da água, que flui em riachos ou arroios, os tributários, divide-se em calhas fluviais e transporta os materiais sedimentares a grandes distâncias na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota-BHAC, podendo chegar ao nível de base desta bacia, o Rio Jaguarão.

A água que flui e contém carga dissolvida (minerais de solução que são sedimentos) se origina também no subsolo, onde a água teve a oportunidade de dissolver os minerais dos estratos de rochas através dos quais a água passou além da água de escorrimento superficial que arrasta e dissolve também os solos e as rochas pelas quais escorre.



Fotografia 4.3.1 - Apresentam-se locais na zona de transferência da ACt onde a água escoa por cima de rochas do embasamento cristalino

O grau e a velocidade de movimento do material sedimentar em suspensão e as correntes dependem da velocidade do fluxo de água. E ainda da taxa de sedimentação das partículas em suspensão e está diretamente associada as declividades dos terrenos que percorrem, e o seu volume de escoamento. Pode-se dizer que a função de força ecológica é a declividade que por sua vez representa a lei da gravidade.

O arroio mobiliza os materiais sedimentares por meio da erosão, do transporte materiais junto com o seu fluxo de escoamento rumo ao Rio Jaguarão, seu nível de base, e deposita-os solidamente, durante este processo, a deposição, ha perda da competência como agente geológico.

Isto acontece quando ha diminuição da velocidade, começa a favorecer a deposição de partículas maiores (perda de competência da corrente), que são depositados primeiro. Assim, as partículas de tamanho e tipos semelhantes tendem a ser encontradas juntas (iguais densidades).

Como consequência, os sedimentos do Arroio Candiota e seus afluentes, contêm poros saturados de água, a água intersticial proveniente da água sobrenadante, da água que é retida durante a formação dos sedimentos ou produzidas em processos químicos que ocorrem dentro dos mesmos sedimentos, fotografia 4.3.2.

A importância do estudo sedimentológicos-geoquímico, contextualizada.

Os contaminantes são ligados às partículas à medida que se movem pela coluna de água e são incorporados nos sedimentos do Arroio Candiota e seus tributários (ACt). Esta incorporação de contaminantes no sedimento é um meio de transporte importante, já que são adicionados em material coloidal e nas argilas (partículas menores que 0,04mm de diâmetro), atingindo um importante nível de contaminação. Posteriormente, estes compostos podem ser trocados com as águas circundantes (Capacidade de Troca Catiônica). Em particular, os íons de metais pesados são adsorvidos na superfície das partículas que são suspensas na água, (possuem uma grande área superficial) em vez de serem dissolvidos como íons livres ou como complexos ou como biomoléculas solúveis, nas aguas do ACt. Uma pequena fração do sedimento consiste de substâncias obtidas a partir de reações químicas em que compostos insolúveis são formados como carbonatos, óxidos, sulfetos. etc.. Assim, a atividade biológica é responsável

pela formação de alguns sedimentos aquáticos, por exemplo, espécies bacterianas que produzem óxido de ferro (III) em grandes quantidades.

Outras espécies em contato com a atmosfera usa o íon sulfato como um receptor de elétrons e até mesmo algumas espécies reagem umas com as outras para gerar uma camada de sedimento de sulfato de Ferro (III). Porém, com o desenvolvimento da sociedade humana, instalada na BHAC, a principal contribuição de poluentes para os ambientes ACts são constituídos pelas fontes antropogênicas (Figura 4.3.3), especialmente aquelas que estão próximas ao rios e arroios e seus tributários, como é o caso; das duas industrias cimenteiras; da mineração de calcário e a da mineração de carvão; das plantações de soja e de arroz (irrigadas) e, onde há extensivo e intensivo uso de pesticidas e adubos químicos; das silviculturas; das fruticulturas; dos aglomerados urbanos com o arremesso dos esgotos "in natura" e, da geração termelétrica também. São os usos e as pressões econômicas múltiplas e intensas, na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC) e em especial no Arroio Candiota e seus tributários (ACt).

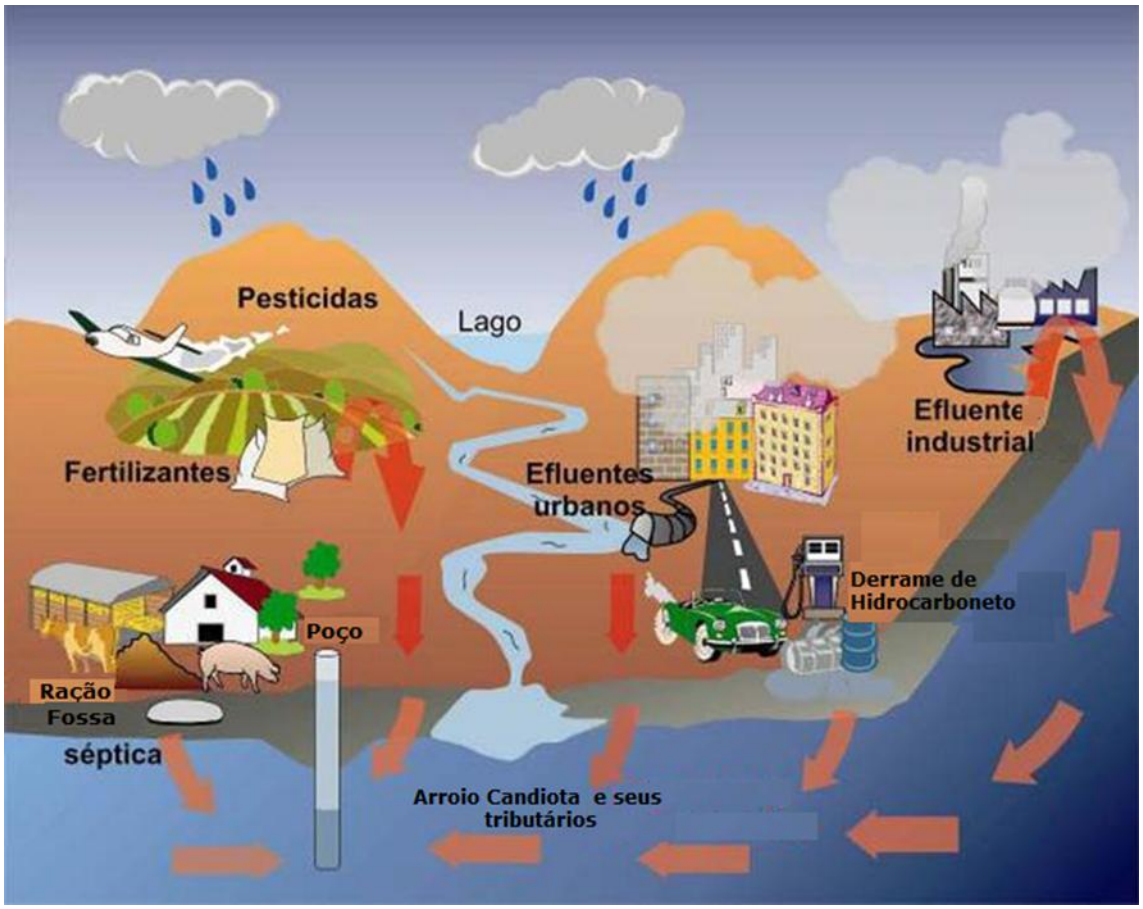


Figura 4.3.3 - Simboliza os diferentes fatores antropogênicos, como efluentes industriais e urbanos, hidrocarbonetos, atividades de gado (que são responsáveis pela entrada de contaminantes como a Ag, o Cu e o Zn, que são adicionados aos alimentos para animais e emergem nos efluentes gerados por animais, e atividades agrícolas, nas quais, através do uso de fertilizantes à base de fosfatos é produzido pela entrada de diferentes metais pesado. Modificado de Batley e Simpson (2008).

Considerando todas as matrizes ambientais, os solos e sedimentos destacam-se por serem a base da vida no planeta. As duas matrizes atuam na incorporação de metais na cadeia alimentar que pode levar ao acumulo nos tecidos e até atingir níveis tóxicos para os organismos. Os metais podem ser incorporados aos organismos de maneiras diferentes isto devido à absorção das plantas ou, no caso de animais, por ingestão de alimentos, pele inalação de material particulado em suspensão.

Um aspecto importante, mencionado anteriormente, é que esses tipos de contaminante não são degradados o que propicia a sua acumulação em diferentes compartimentos ambientais.

Sedimentos como ferramentas de Análise da Qualidade Ambiental.

Os sedimentos podem representar uma ferramenta importante na avaliação do grau de contaminação de contaminantes na ACt, pois são fundamentais no contexto dos processos que ocorrem nos sistemas aquáticos desta bacia, uma fonte de nutrientes, micro e macroflora e fauna.

Os processos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, muitos deles ocorrem nos ou se utilizando de sedimentos, e portanto, sedimentos desempenham funções essenciais dentro dos serviços prestados pelos ecossistemas aquáticos. Constituem-se em elementos essenciais na manutenção dos ecossistemas aquáticos, suportando tanto organismos autotróficos como heterotróficos. Os sedimentos têm um papel significativo no ecossistema aquático da BHAC porque são:

- Os sedimentos de fundos duros como das estações P2, estação P3, estação P4 e estação P7 (fotografias 4.3.2 até 4.3.12) são característicos de fluxos mais rápidos de fluidez e são compostos em grande parte de cascalho, pedras e pedregulhos. São o suporte para estabelecimento de vários organismos, como por exemplo, o perifiton e invertebrados bentônicos epibenticos.



Fotografia 4.3.2 - Estação amostral P3, a montante arenosa. A jusante rochosa.



Fotografia 4.3.3 - Estação amostral P3, leito de escoamento hídrico rochoso, apresentado devido a uma seca severa pela qual passou a BHAC.



Fotografia 4.3.4 - Estação amostral P3, mesmo local da fotografia anterior em situação normal do nível de água, encobrindo o fundo de escoamento hídrico rochoso.



Fotografia 4.3.5 - Estação amostral P7, por ocasião de situação de seca extrema apresentando o fundo rochoso.

- Os sedimentos de fundos moles, comuns em lagoas lagos, e nas seções fluviais de fluxos mais lentos, de baixa energia em arroios e córregos, são compostos em grande parte de grânulos, areia, silte e argila (estações P1, P5, P6 e P8). Abrigam várias espécies que vivem dentro dos sedimentos, tais como bactérias e outros organismos, uma vez que os sedimentos mais finos e inconsolidados não possibilitam que muitas espécies se fixem sobre o substrato (fotografias, 4.3.6 até 4.3.12).



Fotografia 4.3.6 - Estação amostral P1 - Fundo mole grânulos+areia+silte+argila. Mesmo submerso a topografia de fundo apresenta a estrutura de poço, corredeira, poço, corredeira, poço, corredeira, alternadamente.



Fotografia 4.3.7-Estação amostral P1 detalhe da natureza do seu substrato fundo mole. Mesma local da foto anterior em situação de severa seca.



Fotografia 4.3.8-Arroio Poacá, fundo mole, mas com estrutura rochosa próxima. Este arroio é afluente da estação amostral P6, em situação de escoamento normal.



Fotografia 4.3.9-Estação amostral P6, fundo mole. Em situação de escoamento normal. O Fe é visível a olho desarmado.



Fotografia 4.3.10 - Estação amostral P6, fundo mole e observa-se uma grande quantidade de algas instaladas



Fotografia 4.3.11 – Observa-se um grande banco arenoso, fundo mole, que por ocasião das precipitações, associada ao escoamento turbulento, representando distúrbios junto ao fundo fluvial, avança como uma frente de sedimentação colmatando a calha fluvial.



Fotografia 4.3.12 - Confluência entre arroios Arroio dos Tigres (a esquerda do leitor) e Poacá (a direita do leitor, mineração de carvão), front sedimentar se deslocando do Arroio Poacá em direção ao Arroio dos Tigres. Os dois arroios misturam suas cargar nesta confluência e seguem como um único curso hídrico em direção a calha principal do Arroio Candiota.

Sedimentos - Contaminação e Poluição

O panorama geral da área da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota no que concerne as potenciais fontes de contaminação da água, de oligoelementos, inclui vários fatores controladores.

A geodiversidade, as litologias da Bacia do Paraná e do Escudo Cristalino que se justapõe na área através de uma zona de falha (uma região elevada da topografia) a meteorização, a erosão, o transporte, a deposição atmosférica, a eliminação de efluentes líquidos tratados e não tratados, fertilizantes e pesticidas contendo metais, escoamento terrestre, água de runoff (escorrimentos) e produtos químicos provenientes de várias atividades urbanas, industriais e agrícolas.

A contaminação e a poluição dos sedimentos estão intimamente ligadas com a poluição das águas, e tem origem em diversas fontes, dentre as quais se destacam: efluentes domésticos, efluentes industriais, cargas difusas urbanas e agrícolas.

Entre todos os poluentes, os metais têm uma grande influência ecológica e biológica devido à sua acumulação e não são biodegradáveis. Portanto, o estudo da presença de vestígios de metais em matrizes ambientais torna-se mais relevante já que este estoque é dia a dia.

Os metais são componentes naturais e onipresentes dos sedimentos que se encontram sob o Arroio Candiota. As concentrações de metais naturais nesses sedimentos variam por ordens de grandeza, dependendo da mineralogia dos sedimentos, do tamanho do grão e do conteúdo orgânico. Além desses metais que ocorrem naturalmente, os sedimentos também podem conter contaminantes metálicos de atividades humanas. Infelizmente, a variabilidade das concentrações naturais de metal do sedimento, como explicitado na variância dos dados, às vezes torna difícil determinarmos se uma concentração de metal medida representa uma condição natural ou enriquecida com metal.

Estão presentes na bacia sob a forma de um potencial latente da degradação continuada, mesmo que a coluna de água e a própria biota não apresentem concentrações acima daquelas estabelecidas pelas legislações vigentes, referentes à qualidade de águas. São diversos contaminantes nos sedimentos dos ambientes aquáticos, uma bomba química. Mas, a presença de metais nos sedimentos é complexa pelo fato destes poderem existir de diversas formas, variando de acordo com a natureza das fontes que o originou, sua erosão, seu transporte e deposição no meio.

Sedimentos têm sido amplamente utilizados como indicadores ambientais, porque possuem grande capacidade de incorporar e acumular elementos contaminantes. A qualidade dos sedimentos pode servir de indicador da qualidade ambiental, para os níveis de contaminação ou de poluição e ainda podem atuar como uma ferramenta de triagem para uma identificação do histórico, bem como a recente contaminação no ambiente circundante, como se fosse uma "impressão digital" de uma identidade, ou uma assinatura geoquímica.

Níveis elevados de elementos traços de metais e metaloide em sedimentos aquáticos podem vir a representar um risco potencial para saúde humana devido à sua transferência para a biota aquática e, em última instância, alcançando a cadeia trófica.

Por que estudar os sedimentos do Arroio Candiota e de seus tributários (ACt)?

Além das questões levantadas acima, os sedimentos do Arroio Candiota são de extrema importância na vigilância ambiental praticada, devido principalmente : A concentração de contaminantes; Os risco para a vida bentônica; A remobilização e biodisponibilidade; O risco a saúde pública.

Estudar a qualidade dos sedimentos é importante porque muitos produtos químicos tóxicos (os **metais**, PAHCs, PCBs, clorofenóis e pesticidas), encontrados em apenas pequenas quantidades de água, podem acumular-se a níveis elevados nos sedimentos. Como tal, os sedimentos podem servir tanto como reservatórios e também como potenciais fontes de substâncias químicas para a coluna de água, verdadeiros **sentinelas ambientais.**

Além disso os produtos químicos, associados a sedimentos têm o potencial de afetar adversamente os organismos que vivem nos sedimentos, como exemplo, causando toxicidade direta ou alterar a estrutura da comunidade dos invertebrados bentônicos. Portanto, dados de qualidade de sedimentos (ou seja, informações sobre as concentrações de substâncias químicas) fornecem informações essenciais para avaliar as condições ambientais de qualidade ambiental em sistemas de água doce (bomba química).

Nesta abordagem, geral, a verificação foi limitada as taxas dos elementos químicos, previamente selecionados em função dos seus vínculos com as atividades antropogênicas existentes na bacia, e por possuírem referenciais de enriquecimento, bem como de efeitos na biota segundo taxas calculadas ao longo do tempo em vários países do mundo.

O Futuro Próximo do Arroio Candiota e seus tributários (ACt)

A taxa de contaminação de metal é uma séria ameaça em sistemas aquáticos do tipo do Arroio Candiota e seus tributários (ACt) devido à sua toxicidade, abundância, e persistência no meio ambiente e subsequente acumulação em habitats, fotografia 4.3.13 e 4.3.21.



Fotografia 4.3.13 - Avaliação de habitats, uma visão a mais do sistema.

As águas residuais industriais (efluentes industriais e de lavouras) contendo substâncias perigosas, tendo os produtos químicos uma grande influência sobre a contaminação e até a poluição dos corpos d'água, podem alterar a natureza física, química e biológica do sistema receptor, hídrico, a calha fluvial do Arroio Candiota.

Além disso a contaminação por metais tóxicos no ecossistema fluvial do Arroio Candiota e sua região, tendem a aumentar progressivamente devido ao aumento da eliminação de volumes de efluentes industriais e dos outros usos e ainda de águas residuais, proporcionais ao aumento dos usos que

hora está em curso, (expansão mineira, expansão da geração térmica). Urge, portanto, a vigilância ambiental.

Por que não praticar uma fiscalização ambiental unificada na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC)?

Constata-se que existe na região (BHAC), a atuação dos órgãos fiscalizadores, IBAMA (Federal) e FEPAM (Estadual). Uma determinada atividade é fiscalizada pelo IBAMA e outra pela FEPAM, pergunta-se:

Qualquer uma das cimenteiras, apenas uma (das duas existentes) por exemplo, apresenta um potencial de contaminação ou poluição igual ou maior que a Térmica, já que provavelmente usa o coprocessamento? E a operação de duas então!

Porque isto também não está aos cuidados do IBAMA?

Há realmente exigência por parte da FEPAM, de biomonitoramento, para estas atividades na BHAC?

O Rio Jaguarão é um rio Federal e o Candiota é um tributário importante com intensas pressões, por que então este tratamento "misto" entre os órgãos fiscalizadores?

O IBAMA e a FEPAM conversam sobre o Candiota e seu estado?

A bacia aérea que está afeta a Térmica não é a mesma que está afeta a maioria dos usos existentes na Bacia do Arroio Candiota, silvicultura, agricultura, pecuária, mineração de carvão, mineração de calcário, cimenteiras, esgoto urbano, resíduos sólidos, etc.?

Não é objetivo desta equipe o questionamento acerca da atividade ou atribuição de qualquer órgão de fiscalização, mas nossa responsabilidade civil nos move na medida que os resultados apresentados mostram que muitos são os usos responsáveis pelo o estado ambiental da BHAC.

O escopo do monitoramento tem sido o levantamento da degradação do estado ambiental da BHAC e como tal, uma análise geral da situação. Não há motivo de crítica pela crítica, mas sim da construção de um caminho para uma melhora significativa das condições ambientais do Arroio Candiota.

Expressa-se estas perguntas por que urge que haja uma base de conhecimento a ser gerado e contextualizado. É preciso que se estabeleça uma saída do Cartesianismo (se é que isto é possível) o banco de dados sobre o Candiota tem que ser integrado, especializado e negar-se o estilo "colcha de retalhos".

O estabelecimento de um comitê de Bacia Hidrográfica e, um Plano de bacia é uma estrutura vital minima para alcançar-se isto. Já que a bacia hidrográfica não respeita limites geopolíticos, a bacia aérea além de não respeitar limites geopolíticos não respeita limites dos divisores de águas, e além disso coleta os efluentes de todos os usos.

As exigências estabelecidas pelos órgãos fiscalizadores que atuam, não têm a mesma dimensão, nos termos de produzir conhecimento sobre a região e suas dinâmicas, salvo melhor juízo, o que seria de extrema valia, gerando subsídios de gestão para a Bacia Hidrográfica, e aquelas justapostas a BHAR, que também são sub-bacias do Rio Jaguarão, o mesmo nível de base do Arroio Candiota (compartilhando um mesmo divisor de água).

Ainda os efeitos multiplicadores que na maioria das vezes não são analisados, a fonte fria por exemplo, sua gestão de abertura de comporta ou o fechamento da mesma, e outras fontes frias que serão instaladas com a expansão de atividades de geração de Termeletricidade e a exploração mineira que tende a ser também expandida. Fotografias 4.3.14 e 4.3.21.



Fotografia 4.3.14 - Visão do canal artificial e dos obstáculos aumentando a rugosidade de fundo, por ocasião da liberação das águas da fonte fria da Usina por ocasião das cheias ocasionadas pelas fortes chuvas das semanas anteriores a campanha amostral. Julho 2017 (AH)



Fotografia 4.3.15 - Estação amostral P4, onde o fundo da calha fluvial é rochoso. Fluxo turbulento pelo escoamento das águas. Situação influenciada pela precipitação e abertura das comportas do barramento (fonte fria), Julho 2017 (AH).



Fotografia 4.3.16 - Ponte em estrada vicinal nas proximidades da estação amostral 6. Saída da Mina de Carvão, por ocasião de fortes chuvas na região. (Sem influência da fonte fria), mesmo assim com as fortes chuvas o arroio sai da calha devido a colmatação do seu leito com material vindo da Mina de Carvão.



Fotografia 4.3.17 - Pontilhão próximo à estação amostral P2 a onda de cheia com a abertura, parcial, necessária, das comportas do reservatório (fonte fria) da Usina Termelétrica, por ocasião das fortes chuvas precipitadas na região. Os Arroios transbordam da sua calha, e as velocidades de escoamento tornam-se elevadas, além disso o acarpetamento do fundo com produto do bota fora da mineraç]ão de calcário.



Fotografia 4.3.18 - Proximidades da estação amostral P2, vista do seguimento da estrada através de pontilhão encoberto pelo escoamento das águas do ACt, por ocasião das fortes chuvas, somadas a onda de cheia ocasionada pela abertura parcial das comportas do reservatório (fonte fria) da Térmica. As águas invadem a planície de inundação do ACt. Soma-se a isto os produtos do bota fora da mina de calcário.



Fotografia 4.3.19 - Devido às fortes chuvas e a abertura das comportas da fonte fria da Térmica o escoamento ultrapassa o pontilhão, proximidades da estação amostral 2 no mês de julho. Soma-se a isto os produtos do bota fora, estéreis, da mina de calcário.



Fotografia 4.3.20 - Devido às fortes chuvas o escoamento ultrapassa o pontilhão, proximidades da estação amostral 6 no mês de julho. Salienta-se que esta estação, em tese não está afeta aos fluxos da abertura da comporta. No entanto a montante, frente mineira avança e há nítida **colmatação** com sedimentos finos no arroio, pressionando que o mesmo avance por sobre sua planície de inundação saindo da calha principal.



Fotografia 4.3.21 - Medidas de velocidade de corrente e perfil molhado, buscando uma visão da hidrologia e dos habitats oferecidos pelo Arroio Candiota.Planicie de inundação alagada da estação 3.

Escopo, Métodos, Resultados e Discussões

Neste relato pretende-se avançar na discussão e a interpretação dos dados. Consiste em estudo para determinar os níveis de vestígios de metais nos sedimentos superficiais de fundo do Arroio Candiota.

As amostragens foram realizadas de novembro de 2016 a julho de 2017; com intervalos de 3 meses aproximadamente perfazendo um total de 12 meses de estudo, amostras de sedimentos e água foram coletados ao longo da Calha Fluvial do Arroio Candiota em 7 locais na campanha amostral de novembro de 2016 (AE), e oito locais nas Campanhas (AF) janeiro 2017, (AG) abril de 2017 e AH (abril de 2017). A espessura da camada sedimentar amostrada sempre foi o primeiro centímetro, que é considerada a camada ativa da calha fluvial. Foram amostrados e conduzidos ao

laboratório com espaçamento de 24 horas e para tanto conservadas em temperatura de aproximadamente 4°C.

As análise de determinação das concentrações seguiram os métodos da tabela 4.3.1 e foram executadas pelo Laboratório GREENLAB Análises Químicas e Toxicológica, situado a Rua Felipe de Oliveira 293, Porto Alegre, RS. Os laudos das análises estão vinculados aos relatórios trimestrais devidamente, e em tempo, encaminhados a CGTEE. Na tabela 4.3.2 aprasentam-se os resultados obtidos.

Tabela 4.3.1 - Métodos utilizados na determinação dos elementos químicos e outras variáveis da qualidade dos sedimentos neste estudo.

Parâmetro	Unidade	Metodologia	LOQ
Alumínio	mg/kg	EPA 3050/6010C	4
Alumínio total	mg/kg	EPA 3052/6010C	4
Arsênio	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Arsênio total	mg/kg	EPA 3052/6010C	8
Cádmio	mg/kg	EPA 3050/6010C	0,5
Cádmio total	mg/kg	EPA 3052/GFAA	0,08
Chumbo	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Chumbo total	mg/kg	EPA 3052/GFAA	1,7
Cobre	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Cobre total	mg/kg	EPA 3052/6010C	8
Cromo	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Cromo total	mg/kg	EPA 3052/6010C	8
Ferro	mg/kg	EPA 7380	20
Ferro total	mg/kg	EPA 3052/6010C	4
Manganês	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Manganês total	mg/kg	EPA 3052/6010C	8
Matéria orgânica	%	Combustão úmida	0,5
Mercúrio	mg/kg	EPA 7471B	0,15
Mercúrio total	mg/kg	EPA 3052/7471A	0,15
Níquel	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Níquel total	mg/kg	EPA 3052/6010C	8
pH em água (1:1)	---	Eletrometria	0,01
Zinco	mg/kg	EPA 3050/6010C	2,5
Zinco total	mg/kg	EPA 3052/6010C	8

A tabela 4.3.1 representa as concentrações totais dos metais selecionados medidos nos sedimentos estudados. Com base nos valores das concentrações, os metais seguem na seguinte ordem, do mais alto para o mais baixo:

Al>Fe>Mn>Zn>Cr>Pb>Cu>Ni>As>Cd>Hg

Fe>Al>Mn>Zn>Pb>As>Cr>Cu>Ni>Cd>Hg

Fe>Al>Mn>Zn>Cr>Cu>Ni>Pb>As>Cd>Hg

Fe>Al>Mn>Zn>Cr>Cu>Ni>Pb>As>Cd>Hg

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.2 - Resultados das análises para a presenta de metais em sedimentos do Arroio Candiota e seus tributários (ACt), sendo os sufixos que acompanham o número da amostra referentes as campanhas amosrais: AE-campanha amostral novembro de 2016; AF-campanha amostral janeiro de 2017; AG-campanha amostral abril de 2017 e AH-campanha amostral de julho de 2017.

Metais Totais	Altot(%)	Astot (ppm)	Cdtot(ppm)	Pbtot(ppm)	Cutot(ppm)	Crtot(ppm)	Fetot(%)	Mntot(ppm)	Hgtot(ppm)	Nitot(ppm)	Zntot(ppm)
1AE	5,2239	6,71	0,06	26,7	11	15,1	2,634	847	0,08	6,94	47,8
2AE	0,00964	1,37	0,06	4,47	1,91	4,67	0,7516	539	0,04	1,78	11,1
3AE	0,25	2,35	0,06	1,57	1,74	6,48	0,891	121	0,04	2,58	12,2
4AE	0,256	1,71	0,06	2,43	3,15	5,5	0,9732	277	0,04	3,31	22,9
5AE	2,0621	3,96	0,06	2,41	7,1	9,93	1,3398	649	0,05	7,08	38,4
6AE	0,1743	3,1	0,06	2,17	1,73	3,24	0,6795	297	0,03	1,23	24,9
7AE	3,7667	6,38	0,06	22,9	15,4	20,6	2,2781	633	0,07	13,3	73,8
1AF	0,0967	24,5	1,58	2,69	1,44	1,65	0,234	154	0,02	0,257	4,25
2AF	0,0788	0,614	0,06	3,65	2,26	4,02	0,511	150	0,02	0,93	7,93
3AF	0,0915	0,35	0,06	3,99	1,06	0,29	0,2151	158	0,02	0,467	4,9
4AF	0,2829	3,33	0,06	11,5	4,87	11,6	1,3587	575	0,02	5,03	36,9
5AF	0,7074	3,58	0,06	18,9	9,56	10,6	1,2961	935	0,02	7,66	38,8
6AF	0,1151	10,4	0,06	4,37	2,74	2,34	0,5114	50,3	0,02	1,74	6,74
7AF	0,1481	0,371	0,06	4,73	1,32	2,17	0,2191	258	0,02	1,41	5,63
1aAF	0,0933	0,373	0,06	3,01	1,76	0,29	0,2627	83,2	0,02	0,307	3,96
1AG	0,9798	0,52	0,06	2,12	1,96	3,29	1,1526	185	0,06	1,54	9,31
2AG	0,9911	0,52	0,06	2,54	4,58	10,3	1,0846	360	0,1	4,46	20,4
3AG	0,0906	0,35	0,06	1,19	0,6	0,746	0,2634	153	0,02	0,636	6,75
4AG	0,1194	6,23	0,06	3,51	2,04	16,1	1,4447	338	0,02	2,22	21,3
5AG	1,2194	1,21	0,06	3,53	6,3	9,75	1,3583	826	0,08	6,95	42,1
6AG	0,1201	0,825	0,06	2,46	1,89	6,77	0,9095	42,1	0,03	1,58	12,5
7AG	0,7449	0,862	0,06	2,15	3,6	6,1	0,8216	499	0,04	4,27	34,5
8AG	0,5558	0,858	0,063	5,93	3,94	10,3	2,2561	248	0,08	1,58	29,4
1AH	0,1927	0,35	0,06	1,2	0,786	1,43	0,2923	92,4	0,02	0,402	5,02
2AH	1,7866	0,667	0,06	1,76	10,8	12,1	2,1903	480	0,02	9,27	35,3
3AH	0,2972	0,35	0,06	2,83	0,6	1,31	0,4564	159	0,02	0,375	7,63
4AH	0,4425	0,413	0,06	2,71	2,03	5,36	0,8917	286	0,02	3,22	23,8
5AH	1,9896	0,767	0,06	1,62	7,15	8,79	1,1756	737	0,02	7,35	41,7
6AH	0,4701	0,906	0,06	2,72	2,25	2,7	0,7257	64,4	0,02	2,26	11,4
7AH	0,6894	0,746	0,06	0,37	4,69	5,94	0,6691	455	0,02	6,36	27,5
8AH	0,846	0,714	0,06	6,14	5,74	10,3	1,5703	489	0,02	3,05	52,8

A fim de identificar, fontes naturalmente enriquecidas ou antropogênicas foi utilizado fator de enriquecimento (EF) e índice de geoacumulação (Igeo), bem como avalia-se no meio o risco de metal pesado acumular na área investigada, comparando os valores de metal e metaloide com diretrizes (Benchmark) de padrão de qualidade de sedimento (SQGs). Este levantamento espacial das concentrações de metal nos sedimentos também é útil para avaliar o estado ambiental do Arroio Candiota e fornecer informações básicas para o julgamento dos riscos para a saúde ambiental e gestão de problemas relacionados a contaminação e a poluição ambiental na área.

Estatística dos Dados

A estatística é um conjunto de técnicas que permite, de forma sistemática, organizar, descrever, analisar e interpretar dados oriundos de estudos realizados no Biomonitoramento da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

Análise Descritiva

A estatística descritiva é a etapa inicial da análise utilizada para descrever e resumir os dados coletados nas campanhas amostrais na bacia Hidrográfica do Arroio Candiota em especial ACt.

A teoria de probabilidades nos permitiu descrever os fenômenos aleatórios, isto é, aqueles em que está presente a incerteza. E neste estudo são muitas as incertezas, mas não está neste escopo.

Os metais e o metalóide, são constituintes naturais da crosta terrestre e estão presentes em diferentes concentrações em todos os ecossistemas. As concentrações de Al, As, Fe, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Mn, Pb e Zn em sedimentos em amostras de água e sedimentos coletados ao longo do Arroio Candiota, foram determinados.

As atividades humanas têm mudado drasticamente os ciclos biogeoquímicos e o equilíbrio de alguns elementos químicos. Para efeito de citação escrita, metais, semimetais e metaloide, o As (metaloide), o Fe e o Al passaram a ser considerados neste documento, como se fossem metal pesados.

Os metais pesados são estáveis e como contaminantes ambientais persistentes, uma vez que não podem ser degradados ou destruídos. Portanto, eles tendem a se acumular nos sedimentos e podem levar a efeitos adversos no meio, a vida selvagem e a saúde humana.

Foram reunidos os dados de 4 campanhas amostrais, AE (novembro 2016), AF (janeiro de 2017), AG (abril de 2017), e AH (julho de 2017). Para cada uma das campanhas anteriormente citadas existe relatório previamente encaminhados a CGTEE, com prazos de amostragem, escrita e encaminhamento devidamente registrado em contrato comercial-técnico-científico celebrado entre CGTEE e Fundação Luiz Englert (UFRGS).

Foram: determinados os teores dos elementos Al, As, Fe, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Mn, Pb e Zn em sedimentos e água ao longo da calha fluvial do Arroio Candiota, na tentativa de revelar a sua variabilidade regional e determinar sua origem natural ou artificial. Uma abordagem estatística multivariada foi estabelecida a Analise de Correlação, Analise Fatorial e Analise de Agrupamentos.

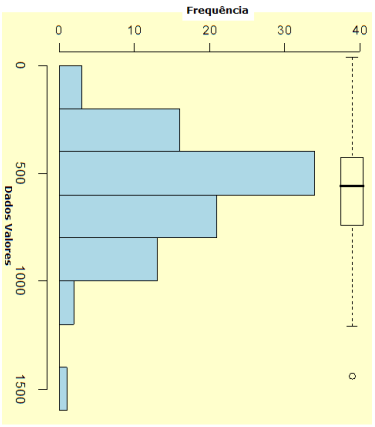
Foi realizada a descrição estatística dos dados e de como eles se inter-relacionam. Apresentam-se nas figuras 2, 3 e 4 os gráficos no estilo “box plot” dos metais na bacia, reunindo as 4 campanhas amostrais.

Muitas das concentrações estão abaixo dos valores de detecção, chama-se atenção para isto, porque apesar disto, na matriz numérica que descreve estes dados, estes valores, abaixo do limite de detecção, serão considerados numericamente igual ao valor de detecção, burlando a determinação de valor “missing” ou ausente, isto é:

Exemplo, o valor de detecção do Hg é 0,02 ppm, toda vez que a análise mostrar valores >0,02ppm, para efeito de cálculo estatístico, registrar-se-á como 0,02ppm. Isso sera feito para qualquer elemento do estudo, não somente para o Hg.

O fato de registrar um valor com o uso da expressão "missing", em uma matriz, pode vir a inviabilizar muitas das análises numéricas. E preencher com zero estaremos incorrendo em um erro maior ainda do que o valor mínimo de detecção. Isto é um método utilizado e reconhecido na avaliação estatística, deste tipo de dados. Evidentemente que qualquer calculo ou limite estabelecido ambientalmente, passará a considerar este fato relevante.

A estatística descritiva para a preparação a caracterização da qualidade dos sedimentos, estão nas tabelas 2 a 6. Além disso apresenta-se nas figuras 2 a 5 os diagramas em caixa para visualizar-se os intervalos de variação as medias e os quartis de distribuição de cada um dos elementos avaliados.



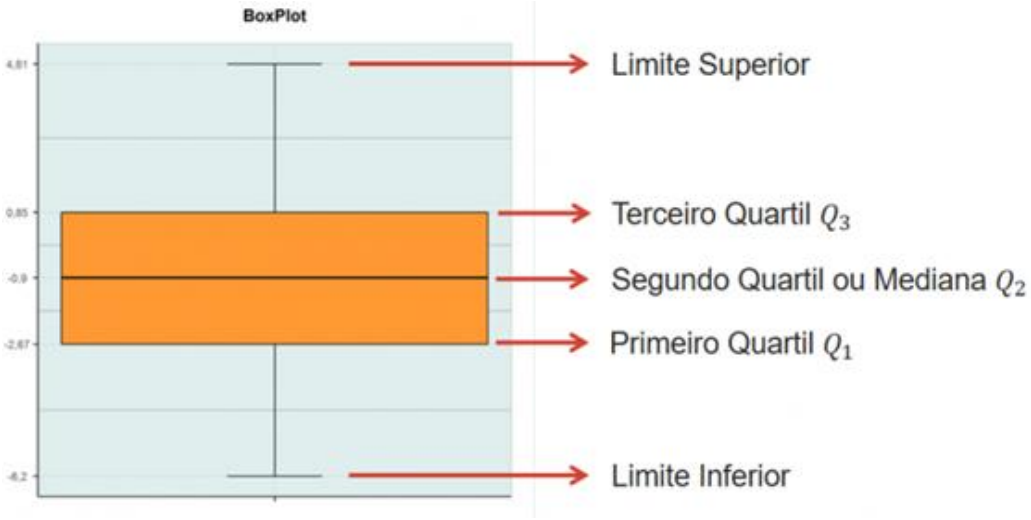


Figura 4.3.4 - Esquema de interpretação para os diagramas "Box plot" apresentados nas figuras 4.3.5 a 4.3.7.

"Outliers", são as observações que ficaram a uma distância anormal de outros valores em uma amostra aleatória de uma população.

Esse conceito deixa o analista ou a um processo de consenso, de decidir o que será considerado anormal. Porem antes que observações anormais possam ser identificadas, é necessário caracterizar aquelas observações normais.

A preocupação com observações "outliers" é antiga e data das primeiras tentativas de analisar um conjunto de dados. Inicialmente pensava-se que a melhor forma de lidar com este tipo de observações seria através da sua eliminação da análise.

No entanto as opiniões, entre os pesquisadores não eram unânimes: uns defendiam a rejeição das observações "inconsistentes com as restantes", enquanto outros afirmavam que as observações nunca deveriam ser rejeitadas simplesmente por parecerem inconsistentes com os restantes dados e que todas as observações deviam contribuir com igual peso para o resultado final da interpretação.

Seguimos aqui está última ideia de mantermos na análise estes outliers.

Nas figuras 4.3.5 a 4.3.7 apresentam-se os diagramas do tipo "Box Plot".

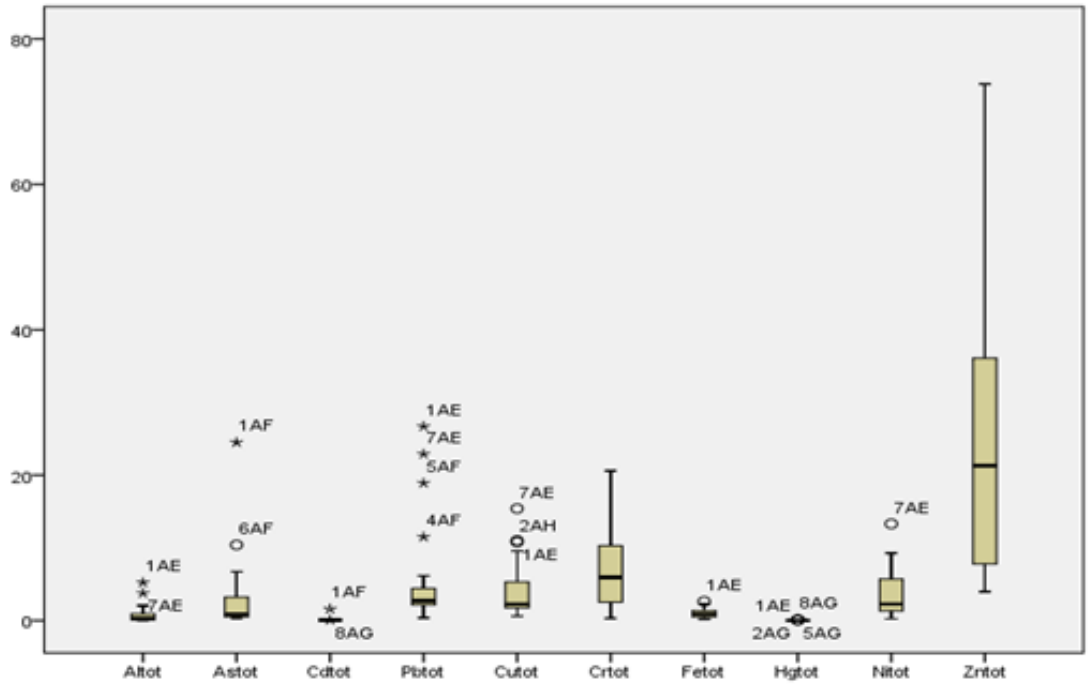


Figura 4.3.5 - Box plot dos metais expresso em ppm de concentração nos sedimentos, nas campanhas amostrais AE+AF+AG+AH. Visualiza-se os outliers, as estações que saíram fora do comportamento geral das campanhas em epigrafe.

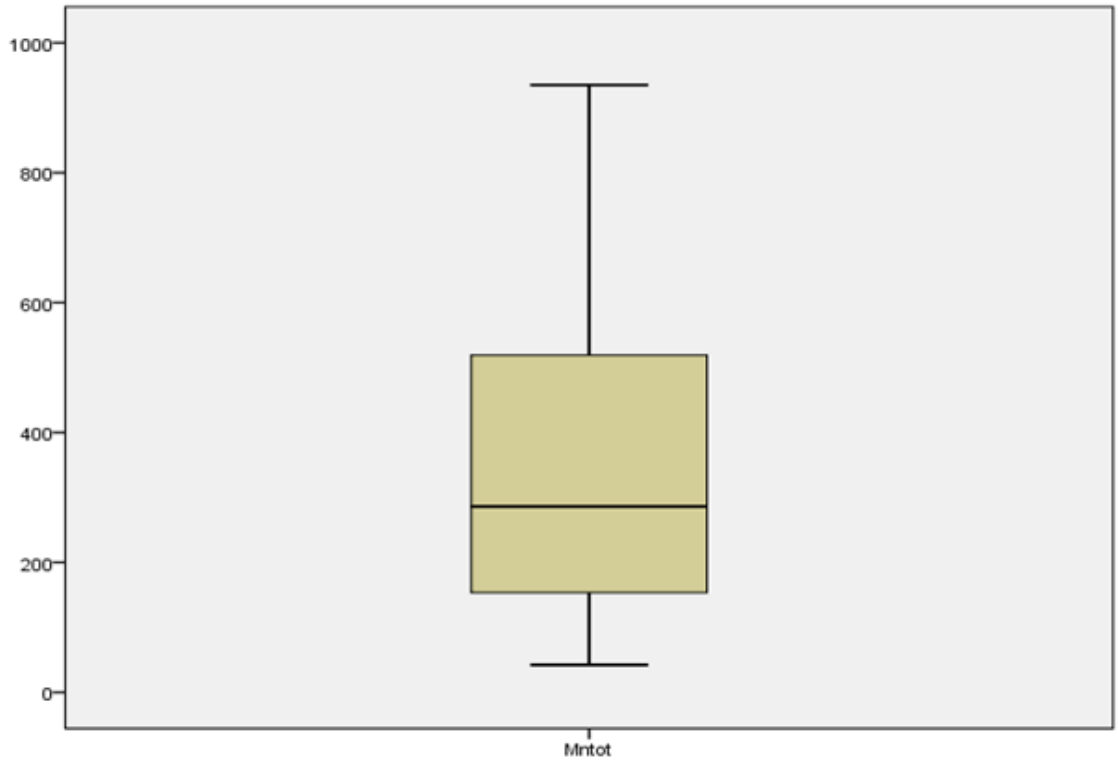


Figura 4.3.6 - Box plot do Manganês, devido a diferenças de concentração está sendo apresentado em separado, expresso em ppm de concentração nos sedimentos, nas campanhas amostrais AE+AF+AG+AH. Os Outliers estão ausentes.

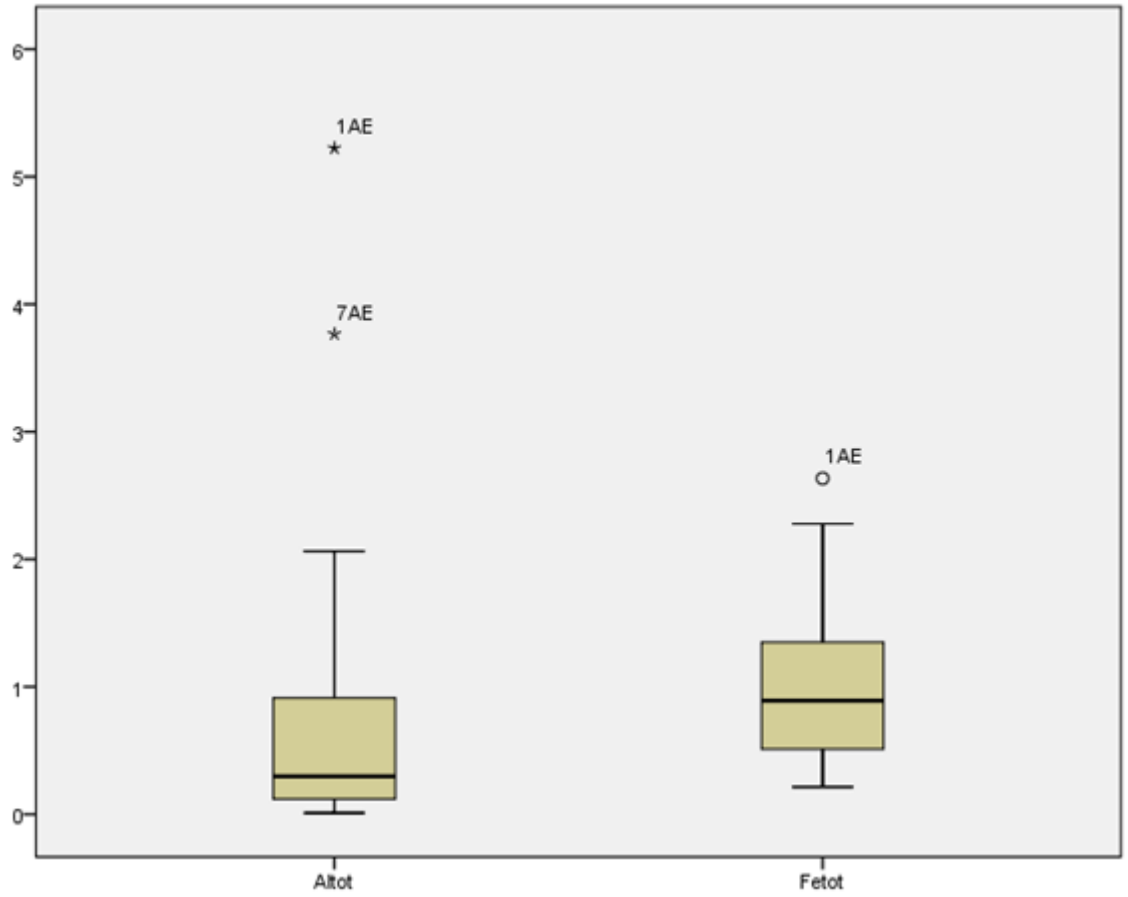


Figura 4.3.7 – "Box plot" do Ferro e Alumínio expressos em porcentagem de concentração. Apenas as estações 7 e 1, na campanha AE estão na forma de outliers da distribuição.

Antes de decidir o que deverá ser feito às observações outliers é conveniente ter conhecimento das causas que levam ao seu aparecimento. Em muitos casos as razões da sua existência determinam as formas como devem ser tratadas. Assim, as principais causas que levam ao aparecimento de outliers são:

• Erros de medição;

• Erros de execução;

• Variabilidade inerente dos elementos da população.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.7 - Estatística descritiva das variáveis dos metais em sedimentos nas quatro campanhas amostrais.

		Estatística Descritiva-Campanhas AE-AF-AG-AH							
Campanhas	"n"	Intervalo	Valor	Valor	Valor	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
AE+AF+AG+AH	Estatístico	Estatístico	Minimo	Máximo	Médio	Padrão	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	31	5,21426	0,00964	5,2239	0,802956	1,151273	1,325	2,625	7,519
Astot	31	24,15	0,35	24,5	2,754387	4,710574	22,19	3,644	15,534
Cdtot	31	1,52	0,06	1,58	0,109129	0,272983	0,075	5,568	31
Pbtot	31	26,33	0,37	26,7	5,1055	6,31222	39,844	2,552	5,848
Cutot	31	14,8	0,6	15,4	4,06439	3,585992	12,859	1,586	2,291
Crtot	31	20,31	0,29	20,6	6,766645	5,092379	25,932	0,803	0,306
Fetot	31	2,4189	0,2151	2,634	1,013468	0,65634	0,431	0,878	0,247
Mntot	31	892,9	42,1	935	359,368	257,776	66448,449	0,703	-0,541
Hgtot	31	0,08	0,02	0,1	0,0355	0,0235	0,001	1,442	0,943
Nitot	31	13,043	0,257	13,3	3,533677	3,189703	10,174	1,245	1,366
Zntot	31	69,84	3,96	73,8	23,27807	17,49614	306,115	0,92	0,597

Tabela 4.3.8 - Estatística descritiva considerando a campanha amostral dos sedimentos do Arroio Candiota, em novembro de 2016, dos metais em sedimentos.

		Estatística Descritiva-Campanha AE							
Campanha	"n"	Intervalo	Valor	Valor	Valor	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
AE	Estatístico	Estatístico	Minimo	Máximo	Médio	Padrão	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	7	5,21426	0,00964	5,2239	1,67752	2,089235	4,365	1,022	-0,542
Astot	7	5,34	1,37	6,71	3,6543	2,15511	4,644	0,633	-1,357
Cdtot	7	0	0,06	0,06	0,06	0	0	.	.
Pbtot	7	25,13	1,57	26,7	8,95	10,91978	119,242	1,245	-0,6
Cutot	7	13,67	1,73	15,4	6,0043	5,41296	29,3	1,041	-0,274
Crtot	7	17,36	3,24	20,6	9,36	6,35419	40,376	1,087	0,103
Fetot	7	1,9545	0,6795	2,634	1,363886	0,781995	0,612	1,023	-0,74
Mntot	7	726	121	847	480,43	256,163	65619,619	-0,045	-1,178
Hgtot	7	0,05	0,03	0,08	0,05	0,01826	0	0,92	-0,528
Nitot	7	12,07	1,23	13,3	5,1743	4,28293	18,344	1,261	1,277
Zntot	7	62,7	11,1	73,8	33,014	22,3335	498,785	1,05	0,694

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.9 - Estatística descritiva Campanha AF (janeiro de 2017) dos metais em sedimentos.

		Estatística Descritiva-Campanha AF							
Campanha	"n"	Intervalo	Valor	Valor	Valor	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
AF	Estatístico	Estatístico	Minimo	Máximo	Médio	Padrão	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	0,6286	0,0788	0,7074	0,201725	0,214717	0,046	2,375	5,767
Astot	8	24,15	0,35	24,5	5,43975	8,420761	70,909	2,082	4,316
Cdtot	8	1,52	0,06	1,58	0,25	0,5374	0,289	2,828	8
Pbtot	8	16,21	2,69	18,9	6,605	5,70038	32,494	1,859	2,889
Cutot	8	8,5	1,06	9,56	3,1263	2,86794	8,225	2,009	4,038
Crtot	8	11,31	0,29	11,6	4,12	4,47789	20,051	1,167	-0,307
Fetot	8	1,1436	0,2151	1,3587	0,576013	0,479927	0,23	1,187	-0,372
Mntot	8	884,7	50,3	935	295,437	305,6094	93397,114	1,672	2,185
Hgtot	8	0	0,02	0,02	0,02	0	0	.	.
Nitot	8	7,403	0,257	7,66	2,22512	2,689292	7,232	1,564	1,496
Zntot	8	34,84	3,96	38,8	13,6387	15,00804	225,241	1,414	-0,011

Tabela 4.3.10 - Estatística descritiva Campanha AG, abril de 2017, dos metais em sedimentos.

		Estatística Descritiva-Campanha AG							
Campanha	"n"	Intervalo	Valor	Valor	Valor	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
AG	Estatístico	Estatístico	Minimo	Máximo	Médio	Padrão	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	1,1288	0,0906	1,2194	0,602638	0,451114	0,204	-0,02	-1,873
Astot	8	5,88	0,35	6,23	1,421875	1,961279	3,847	2,724	7,553
Cdtot	8	0,003	0,06	0,063	0,060375	0,001061	0	2,828	8
Pbtot	8	4,74	1,19	5,93	2,9288	1,43236	2,052	1,363	2,544
Cutot	8	5,7	0,6	6,3	3,1138	1,8331	3,36	0,485	-0,24
Crtot	8	15,354	0,746	16,1	7,9195	4,767871	22,733	0,184	0,191
Fetot	8	1,9927	0,2634	2,2561	1,16135	0,574294	0,33	0,566	1,756
Mntot	8	783,9	42,1	826	331,387	244,2159	59641,43	1,205	1,766
Hgtot	8	0,08	0,02	0,1	0,0538	0,03068	0,001	0,28	-1,619
Nitot	8	6,314	0,636	6,95	2,9045	2,125872	4,519	1,057	0,363
Zntot	8	35,35	6,75	42,1	22,0325	12,54654	157,416	0,378	-1,05

Tabela 4.3.11 - Estatística Descritiva da Campanha AH, julho de 2017 dos metais em sedimentos.

		Estatística Descritiva-Campanha AH							
Campanha	"n"	Intervalo	Valor	Valor	Valor	Desvio	Variancia	Assimetria	Curtose
AH	Estatístico	Estatístico	Minimo	Máximo	Médio	Padrão	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	1,7969	0,1927	1,9896	0,839262	0,68126	0,464	1,1	-0,345
Astot	8	0,556	0,35	0,906	0,61413	0,213374	0,046	-0,257	-1,661
Cdtot	8	0	0,06	0,06	0,06	0	0	.	.
Pbtot	8	5,77	0,37	6,14	2,4188	1,72987	2,992	1,488	3,226
Cutot	8	10,2	0,6	10,8	4,25575	3,54514	12,568	0,847	0,035
Crtot	8	10,79	1,31	12,1	5,9913	4,09996	16,81	0,267	-1,467
Fetot	8	1,898	0,2923	2,1903	0,996425	0,628558	0,395	1,023	0,567
Mntot	8	672,6	64,4	737	345,35	234,6256	55049,163	0,321	-0,83
Hgtot	8	0	0,02	0,02	0,02	0	0	.	.
Nitot	8	8,895	0,375	9,27	4,03588	3,277182	10,74	0,477	-1,138
Zntot	8	47,78	5,02	52,8	25,6438	17,10502	292,582	0,288	-1,11

A variabilidade ou a homogeneidade das concentrações de metal ao longo da área de estudo pode ser abordada calculando o coeficiente de variação (CV). O CV é uma medida da dispersão relativa; é expresso como uma porcentagem e é dada por:

Coeficiente de Variação = CV = (Desvio Padrão/Média) * 100

Apresentam-se nas tabelas 4.3.12 a 4.3.17 os coeficientes de variação e as variâncias dos dados.

Tabela 4.3.12 - Coeficiente de variação calculado para os dados das quatro campanhas amostrais, AE+AF+AG+AH.

Campanhas	Média	DESVIO		Variância
AE+AF+AG+AH	Estatística	Estatistíco	CV	Estatística
Altot	0,803	1,151	143,379	1,325
Astot	2,754	4,711	171,021	22,190
Cdtot	0,109	0,273	250,147	0,075
Pbtot	5,106	6,312	123,636	39,844
Cutot	4,064	3,586	88,230	12,859
Crtot	6,767	5,092	75,257	25,932
Fetot	1,013	0,656	64,762	0,431
Mntot	359,368	257,776	71,730	66448,449
Hgtot	0,036	0,024	66,197	0,001
Nitot	3,534	3,190	90,266	10,174
Zntot	23,278	17,496	75,162	306,115

Tabela 4.3.13 - Coeficiente de variação calculado para a Campanha de AE realizada em novembro de 2016.

Campanha	Média	Desvio	Variância	
AE	Estatística	Padrão	Estatística	CV
Altot	1,67752	2,08923481	4,365	124,543
Astot	3,6543	2,15511	4,644	58,975
Cdtot	0,06	0	0	0,000
Pbtot	8,95	10,91978	119,242	122,009
Cutot	6,0043	5,41296	29,3	90,151
Crtot	9,36	6,35419	40,376	67,887
Fetot	1,363886	0,7819945	0,612	57,336
Mntot	480,43	256,163	65619,62	53,320
Hgtot	0,05	0,01826	0	36,520
Nitot	5,1743	4,28293	18,344	82,773
Zntot	33,014	22,3335	498,785	67,649

Tabela 4.3.14 - Coeficiente de variação calculado para os dados da campanha amostral AF realizada em janeiro de 2017.

Campanha	Média	Desvio	Variância	
AF	Estatística	Padrão	Estatística	CV
Altot	0,201725	0,2147166	0,046	106,440
Astot	5,43975	8,420761	70,909	154,801
Cdtot	0,25	0,5374	0,289	214,960
Pbtot	6,605	5,70038	32,494	86,304
Cutot	3,1263	2,86794	8,225	91,736
Crtot	4,12	4,47789	20,051	108,687
Fetot	0,576013	0,4799269	0,23	83,319
Mntot	295,437	305,6094	93397,11	103,443
Hgtot	0,02	0	0	0,000
Nitot	2,22512	2,689292	7,232	120,861
Zntot	13,6387	15,00804	225,241	110,040

Tabela 4.3.15 - Coeficiente de variação calculado para os dados da campanha AG realizada em abril de 2017.

Campanha	Média	Desvio	Variância	
AG	Estatística	Padrão	Estatística	CV
Altot	0,602638	0,451	0,204	74,857
Astot	1,421875	1,961	3,847	137,936
Cdtot	0,060375	0,001	0,000	1,757
Pbtot	2,9288	1,432	2,052	48,906
Cutot	3,1138	1,833	3,360	58,870
Crtot	7,9195	4,768	22,733	60,204
Fetot	1,16135	0,574	0,330	49,451
Mntot	331,387	244,216	59641,430	73,695
Hgtot	0,0538	0,031	0,001	57,026
Nitot	2,9045	2,126	4,519	73,192
Zntot	22,0325	12,547	157,416	56,946

Tabela 4.3.16 - Coeficiente de variação calculado para a campanha amostral AH realizada em julho de 2017.

Campanha	Mean	Desvio	Variancia	
AH	Statistic	Padrão	Estatística	CV
Altot	0,839262	0,6812599	0,464	81,174
Astot	0,61413	0,213374	0,046	34,744
Cdtot	0,06	0	0	0,000
Pbtot	2,4188	1,72987	2,992	71,518
Cutot	4,25575	3,54514	12,568	83,302
Crtot	5,9913	4,09996	16,81	68,432
Fetot	0,996425	0,6285577	0,395	63,081
Mntot	345,35	234,6256	55049,16	67,938
Hgtot	0,02	0	0	0,000
Nitot	4,03588	3,277182	10,74	81,201
Zntot	25,6438	17,10502	292,582	66,702

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.17 - ordenação dos elementos, usando o padrão numérico transformado em nominal, usando o coeficiente de variação CV e a variância dos dados.

Campanhas		ORDENAÇÃO MAIOR PARA O MENOR										
AE+AF+AG+AH	CV	Cdtot	Astot	Altot	Pbtot	Nitot	Cutot	Crtot	Zntot	Mntot	Hgtot	Fetot
	variância	Mntot	Zntot	Pbtot	Crtot	Astot	Cutot	Nitot	Altot	Fetot	Cdtot	Hgtot
AE	CV	Altot	Pbtot	Cutot	Nitot	Crtot	Zntot	Astot	Fetot	Mntot	Hgtot	Cdtot
	variância	Mntot	Zntot	Pbtot	Crtot	Cutot	Nitot	Astot	Altot	Fetot	Cdtot	Hgtot
AF	CV	Cdtot	Astot	Nitot	Zntot	Crtot	Altot	Mntot	Cutot	Pbtot	Fetot	Hgtot
	variância	Mntot	Zntot	Astot	Pbtot	Crtot	Cutot	Nitot	Cdtot	Fetot	Altot	Hgtot
AG	CV	Astot	Altot	Mntot	Nitot	Crtot	Cutot	Hgtot	Zntot	Fetot	Pbtot	Cdtot
	variância	Mntot	Zntot	Crtot	Nitot	Astot	Cutot	Pbtot	Fetot	Altot	Hgtot	Cdtot
AH	CV	Cutot	Nitot	Altot	Pbtot	Crtot	Mntot	Zntot	Fetot	Astot	Cdtot	Hgtot
	variância	Mntot	Zntot	Crtot	Cutot	Nitot	Pbtot	Altot	Fetot	Astot	Cdtot	Hgtot

As variações expressas pelos coeficientes de variação (CV) bem como pela variância dos dados, mostram a complexidade dos dados. Isto é, a biocomplexidade da Calha Fluvial do Arroio Candiota. Como consequência cada amostragem realizada constitui uma situação diferente mapeada.

Esta variabilidade é atribuída, por nós, a grande variabilidade das condições hidrológicas encontrada nas várias campanhas amostrais. Variabilidade esta, informada no estudo de Farias (2014). Este autor preocupou-se com Influência das atividades antrópicas, em escala de bacia hidrográfica, sobre a condição do hábitat, em escala de trecho de riacho, em uma bacia hidrográfica sob intensa pressão antrópica, na BHAR, e por exigências de métodos classificatórios, usou como uma das variáveis a velocidade de corrente e volume de escoamento, mas não como uma medição temporal mas sim como uma medição local e num intervalo de tempo e que não pode servir para determinar o comportamento hidrológico do ACt, no tempo e no espaço fotografia 4.3.22.



Fotografia 4.3.22 - Medidas de velocidades de corrente e vazões por ocasião das cheias do ACt, equipe de campo preparando para executar a medida. Evidente que o correntômetro de mão será usado a montante do pontilhão. Preparam se os instrumentos e se estende a trena para medir o vão alagado por cima do pontilhão.

Na sequência desta abordagem estatística a visão multivariada foi adotada para auxiliar a interpretação dos dados geoquímicos e interpretar os dados gerados nestas quatro campanhas amostrais que integraram, esta fase 2016-2017, do Biomonitoramento da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC) em área dita de influência das atividades da Termeletricidade.

Análise Multivariada

Os dados coletados foram sujeitos a análise estatística multivariada para compreender a influência de vários parâmetros sobre os componentes biológicos do sistema.

As abordagens estatísticas multivariadas, como a Análise de Correlação Bivariada a Análise Fatorial usando o Componente Principal, e a Análise de Agrupamento ou de "Cluster" foram utilizadas para derivar o significado de parâmetros específicos entre os dados gerados.

Para a execução das análises- foi utilizado o programa SPSS-Statistical Package Social Sciences®, e osdados foram normalizados por Log(x+1).

Análise de Correlação Bivariada

Os dados de concentração de metais nos sedimentos do ACt foram submetidos à análise de correlação bivariada para examinar a possível correlação entre diferentes metais. A correlação positiva significativa entre as concentrações está na Tabela 13. Aquelas células vazias significam que não houveram correlações significativas entre os metais em questão. Alto coeficiente de correlação entre diferentes metais significa fontes comuns, dependência mútua e identidade comportamento durante o transporte. Os metais pesados são principalmente de origem natural devido a intemperismo e erosão e representando as pressões econômicas, as atividades antropogênicas. A ausência de forte correlação entre outros metais sugere que as concentrações destes metais não foram controladas por um único fator, mas uma combinação de suporte geoquímico fases e suas associações de misturas.

Tabela 4.3.18 - Análise de correlação bivariada, calculando o coeficiente de correlação de Pearson.

Variáveis	Altot	Astot	Cdtot	Pbtot	Cutot	Crtot	Fetot	Mntot	Hgtot	Nitot	Zntot
Altot	1										
Astot		1									
Cdtot		,564**	1								
Pbtot	,428*	,426*		1							
Cutot	,831**			,527**	1						
Crtot	,635**			,431*	,809**	1					
Fetot	,748**			,509**	,822**	,901**	1				
Mntot	,621**			,394*	,711**	,665**	,606**	1			
Hgtot	,553**				,424*	,470**	,556**	0,346	1		
Nitot	,774**				,917**	,837**	,765**	,740**	,380*	1	
Zntot	,718**			,400*	,856**	,884**	,857**	,785**	,405*	,886**	1

**. Correlação é significativa a um nível de 0,01
*. Correlação é significativa a um nível de 0,05.

Cadmio apresenta apenas um bom coeficiente de correlação;

Arsênio apresentou 2 bons coeficientes de correlação;

O Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco apresentam todos, sete bons coeficientes de correlação;

O Alumínio, o Ferro e o Manganês apresentam todos oito bons coeficientes de correlação.

Análise de Agrupamentos

A análise de cluster é uma análise exploratória que tentou identificar as estruturas dentro dos dados. A análise de agrupamento também é chamada de análise de segmentação ou análise de taxonomia. Ela identificou grupos homogéneos de casos, se o agrupamento não é previamente conhecido. O fato dele ser exploratória faz qualquer distinção entre variáveis dependentes e independentes. Os métodos de análise de agrupamento diferentes que o SPSS oferece pode lidar com dados binários, nominal, ordinal, e a escala (intervalar ou de razão).

Ela faz parte da sequência de análises de análise fatorial, análise de cluster e, finalmente, a análise discriminante.

A análise de agrupamento hierárquico seguiu três passos básicos:

1) calcular as distâncias;

2) ligar os agrupamentos; e

3) escolher uma solução, selecionando o número certo de clusters.

Neste estudo foi utilizada a distância euclidiana entre cada par de observações. Optando-se por esta medida sabe-se que as menores distâncias indicam maior similaridade, enquanto que as maiores indicam uma heterogeneidade.

O método de WARD, o método da variância mínima, foi escolhido para uso no presente estudo.

Para melhor interpretação, os resultados obtidos foram divididos em dois grupos, ou seja, as análises de agrupamento foram feitas considerando-se as:

- Estações (locais) de amostragem, figura 4.3.8.

- Concentração dos elementos analisados, figura 4.3.9;

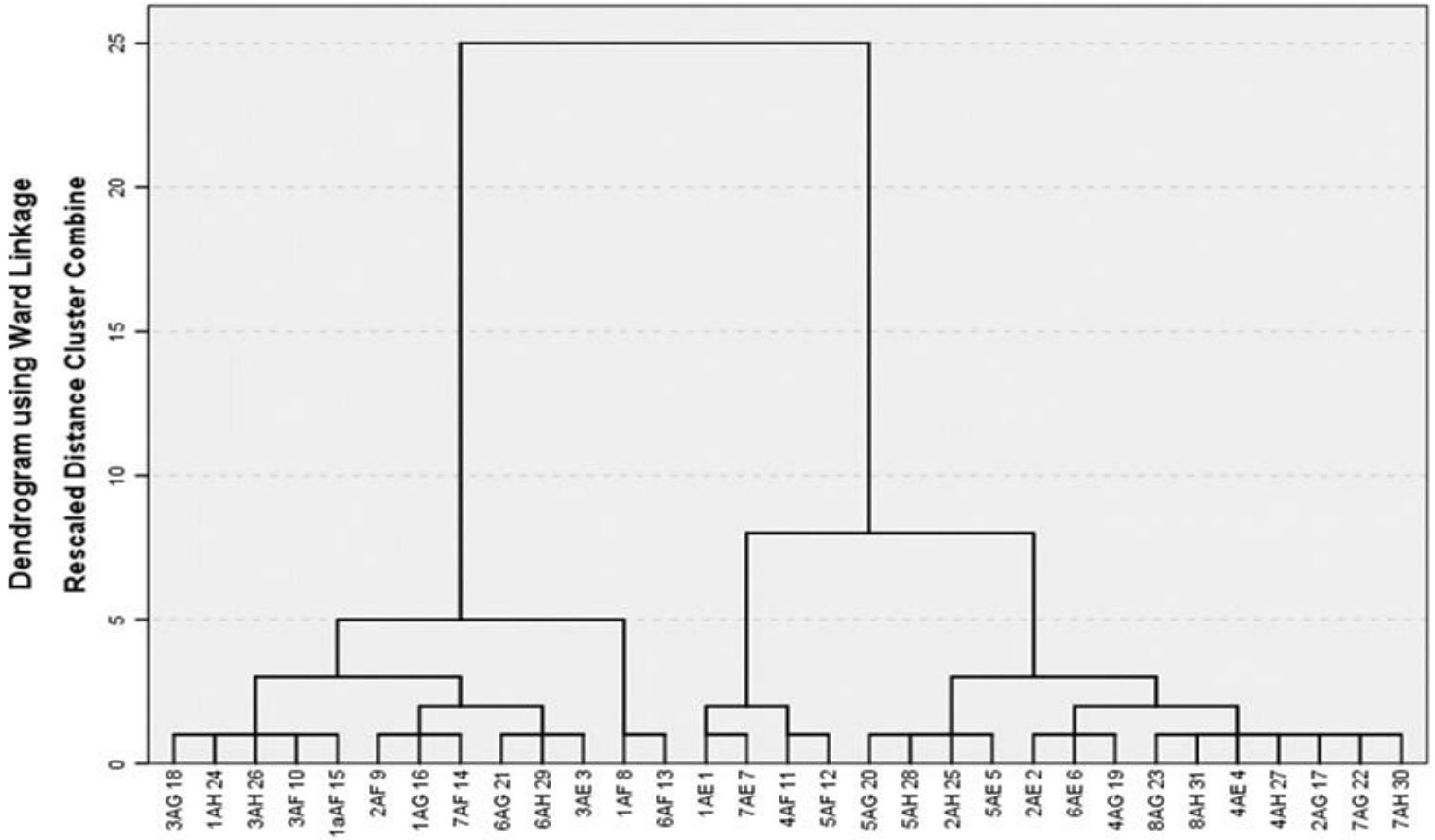


Figura 4.3.8 - Dendrograma da análise estatística de agrupamentos. Agrupando as estações amostrais das campanhas amostrais AE+AF+AG+AH. Foi utilizado o método de Ward.

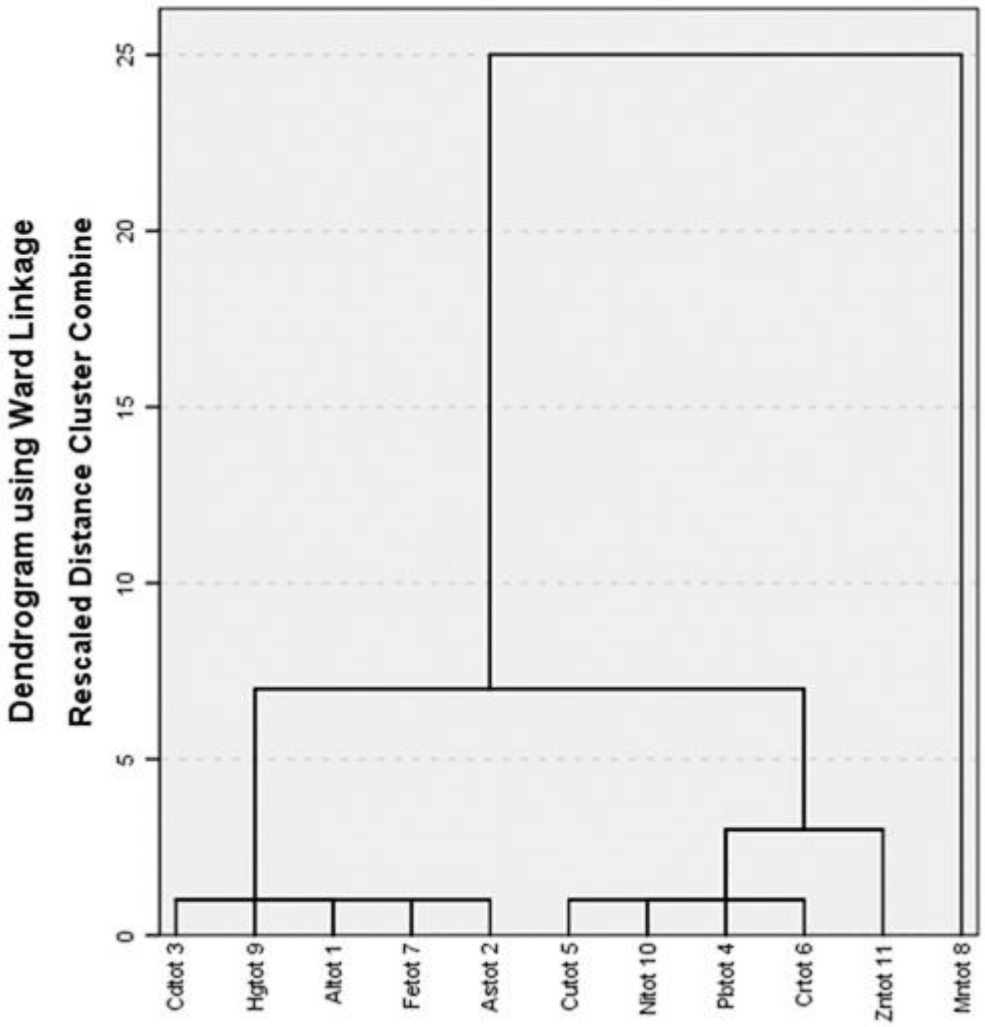


Figura 4.3.9 - Dendrograma da análise de agrupamento dos metais estudados nas campanhas amostrais AE+AF+AG+AH.

Análise Fatorial - Componentes Principais

Usando esta técnica, substitui-se um conjunto inicial (não ordenado) de p-variáveis, X1, X2, . . ., Xp, correlacionadas, por um conjunto menor de fatores comuns (ou as variáveis hipotéticas) que podem não ser correlacionados (fatores ortogonais) ou correlacionados (fatores oblíquos). O objetivo é determinar um número mínimo de fatores necessários para explicar a maior parte da variância do conjunto original de variáveis.

Esta análise baseia-se em um modelo estatístico que trata de explicar a estrutura de covariância das variáveis originais. Alguma variância que não é explicada pelos fatores comuns pode ser descrita pelo termo de 'erro' residual (ou fatores específicos)

O programa SPSS -"Statistical Package for Social Sciences" foi utilizado para calcular a analise multivariada.

O subprograma "FACTOR" forneceu as raízes características da matriz de correlação bem como a matriz de cargas fatoriais. Para a obtenção dos Fatores utilizou-se o método de rotação VARIMAX, que foi selecionado por proporcionar, as vezes, uma melhor interpretação dos Fatores, visto que o objetivo da rotação dos fatores é obter uma matriz de cargas mais facilmente interpretáveis ou mais identificáveis com relação a natureza das variáveis observadas.

A análise fatorial não se refere a uma única técnica estatística, mas sim a uma variedade de técnicas relacionadas para tornar os dados observados serem mais facilmente, e mais diretamente interpretados. Isto é feito analisando-se os inter-relacionamentos entre as variáveis favorecendo uma descrição das mesma mais convenientemente por um grupo de categorias básicas, em número menor que as variáveis originais, chamado fatores. Assim, o objetivo da análise fatorial é procurar definir o relacionamento entre as variáveis de modo simples e usando um número de fatores menor que o número original de variáveis.

Portanto, um fator, é uma construção, de uma entidade hipotética, uma variável não observada, que se supõe estar subjacente a testes, escalas, itens e, de fato, medidas de qualquer espécie.

Sendo eles construídos pelo sistema estatístico, os fatores apenas possuem realidade no fato de explicarem a variância das variáveis que foram observadas, tal como se revelam pelas correlações entre as variáveis, A

única realidade científica que os fatores possuem vem das correlações entre os testes ou variáveis que estão sendo pesquisadas.

Se os resultados de indivíduos em itens ou testes caminham juntos, então, na medida em que existam correlações substanciais entre eles, está definido um fator.

As cargas fatoriais obtidas são, com efeito, reduções de dados muito mais complexos a tamanho manuseável para que o pesquisador possa interpretar melhor os resultados.

Além disso, análise do fator de modo R (ordenado) resultou em "autovalores", porcentagem de variação e porcentagem cumulativa para estações totais no sistema, permitindo a relação entre parâmetros e variação nos metais contidos nos sedimentos amostrados na superfície de fundo fluvial do ACt. As análises do conjunto de fatores de dados foram ordenadas por contribuição de variáveis menos significativas. A rotação de varimax de diferentes fatores com carga de fator foi calculada usando o valor máximo superior a 1 e ordenada pelos resultados com influência significativa.

Os resultados foram três fatores as variáveis hipotéticas com base nas variáveis originais (11), que explicam cerca de 90,5% da variância dos dados gerados. Nas tabelas 19, 20, e 21 apresentam-se os resultados obtidos.

Tabela 4.3.19 - Apresentam-se as comunalidades obtidas na análise fatorial para os sedimentos da BCAC.

Communalidades		
	Inicial	Extração
Altot	1,000	,719
Astot	1,000	,866
Cdtot	1,000	,767
Pbtot	1,000	,440
Cutot	1,000	,886
Crtot	1,000	,826
Fetot	1,000	,843
Mntot	1,000	,626
Hgtot	1,000	,319
Nitot	1,000	,853
Zntot	1,000	,883

"Autovalores"- cada um de um conjunto de valores de um parâmetro para o qual uma equação diferencial tem uma solução diferente de zero (uma função própria) em condições determinadas. Ele mostrou que, neste caso, a equação integral tinha autovalores reais e as soluções correspondentes a esses autovalores ele chamava de autofunções. É qualquer número tal que uma determinada matriz menos esse número vezes a matriz de identidade tenha um determinante zero. Em particular, ele provou resultados sobre a existência de matrizes com autovalores dados e elementos diagonais dados.

Tabela 4.3.20 – Os 16 componentes (varáveis) originais e as três variáveis hipotéticas calculadas pelo método dos componentes principais.

Explicação da Variancia Total										
Componentes		Autovalores iniciais			Cargas			Cargas		
		Total	% da Variância	Cumulativa %	Total	% da Variancia	Cumulativo %	Total	% da Variância	Cumulativa %
	1	5,926	53,870	53,870	5,926	53,870	53,870	4,623	42,030	42,030
	2	2,328	21,167	75,037	2,328	21,167	75,037	3,312	30,113	72,143
	3	1,704	15,486	90,523	1,704	15,486	90,523	2,022	18,381	90,523
	4	,537	4,883	95,407						
	5	,353	3,212	98,619						
	6	,126	1,144	99,763						
	7	,026	,237	100,000						
	8	,000	,000	100,000						
	9	,000	,000	100,000						
	10	,000	,000	100,000						
	11	,000	,000	100,000						

Tabela 4.3.21 - As duas matrizes justapostas dos três componentes; a segunda é a primeira rotacionada pelo método Varimax. As componentes originais que se relacionam com as três variáveis hipotéticas geradas, e as cargas dos autovalores determinante.

Matriz Componentes					Matriz Componentes Rotacionada			
	Component					Component		
	1	2	3			1	2	3
Altot	,677	-,641	-,207		Altot	,853	,106	-,416
Astot	,248	,613	,715		Astot	,017	,126	,965
Cdtot	,373	,538	-,680		Cdtot	-,147	,914	-,183
Pbtot	,788	,572	-,202		Pbtot	,272	,911	,292
Cutot	,957	-,228	-,025		Cutot	,890	,420	,011
Crtot	,806	,394	,290		Crtot	,494	,543	,592
Fetot	,801	,495	-,216		Fetot	,323	,879	,239
Mntot	,692	-,354	,308		Mntot	,819	,009	,166
Hgtot	,728	-,362	-,488		Hgtot	,679	,461	-,476
Nitot	,783	-,464	,369		Nitot	,967	-,040	,167
Zntot	,905	,007	,213		Zntot	,770	,404	,329

Utilizando a matriz rotacionada o Al, Cu, Mn, Hg, Ni e Zn compõe a primeira variável hipotética. O Cd, Pb, Cr e o Fe compõe a segunda variável hipotética. Já a terceira variável hipotética e composta pelo As e Cr.

Os Fatores ou as variáveis hipotéticas foram compostas pelas variáveis originais:

Primeiro Fator é composto por Al, Cu, Mn, Hg, Ni e Zn, e explica sozinho cerca de 42% da variância; as afinidades de alguns elementos ficam representadas pela associação do Ni, Zn e Cu. Já que era de se esperar que as afinidades fossem manifestas por exemplo as afinidades e sua intensidades com o Oxido de Mn é expressa como sendo Ni <Zn <Cu <Pb. O último elemento o Pb está associado a outro fator, portanto podemos denominar este fator de Óxidos (variável hipotética 1).

Segundo Fator é composto é composto por Cd, Pb, Cr,e Fe e explica sozinho cerca de 30,11% da variância;(variável hipotética 2).

Terceiro Fator é composto por As e Cr, e explica cerca de 18,38% a variância, podemos denominar este fator de Defensivos (variável hipotética 3).

Qualidade dos Sedimentos

Índices geoquímicos e guias da qualidade dos sedimentos (SQSs).

As concentrações químicas obtidas nos sedimentos do Arroio Candiota foram comparadas entre si no âmbito da bacia em comparações relativas e com vários referenciais aceitos no mundo inteiro, e calculando índices creditados como importantes nas avaliações geoquímicas, possibilitando a comparação com outros locais do planeta afetados por atividades antropogênicas múltiplas.

Os níveis de base passam a ser estes referenciais. Os referencias usados estão apresentados nas tabelas 4.3.22 a 4.3.24.

Valores referenciais usados

Anomalia, por definição, é uma distribuição geoquímica dos elementos, está por sua vez um desvio no somatório dos processos de movimentação dos materiais que refletem a presença de certos litotipos, processos

hipogênicos, e os processos superficiais (intemperismo, erosão) processos pedogenéticos.

Utilizam-se valores referenciais para estabelecer estas anomalias, ou ao menos valores que chamem a atenção dos pesquisadores ao ponto de ultrapassarem de maneira significativa estes valores de referência.

Nível de Base ou "Background"- Valores médios representados para crosta terrestre, e para as médias dos sedimentos do planeta; Turenkian e Wedepohl (1961).

Clarke – teor médio de um elemento em um corpo qualquer; por exemplo, a crosta ou a litosfera ("datum global");

Os valores médios para o Xisto padrão Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) este referencial foi utilizado somente para o Fator de Enriquecimento.

Além disso os valores vinculados ao sistema SQGs, de valores referenciais foram estabelecidos por:

1)TEC (Treshold Effect Contamination); PEC (Probable Effect Contaminantion), (MacDonald 2000).

2)LEL (Low Effect Level); SEL (severe Effect Level), Persaud 1993.

3)ERL (Effcet Range Low); ERM(Effect Range Median) estabelecidos por NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration; Long et al. (1990).

4)TEL(Treshold Effects Levels), PEL(Probable Effect Contamination), estabelecido e divulgados por MacDonald (1994).

A contaminação por metais pesados tornou-se uma grande preocupação ambiental com a sua toxicidade, persistência, bioacumulação e

biomagnificação na cadeia alimentar, haja visto os resultados obtidos nos tecidos de peixes no capitulo deste relatório que trata dos peixes.

Tabela 4.3.22 - "Backgrounds" (níveis de base) utilizados como referenciais nas comparações com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do Arroio Candiota, Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979).

	Crosta Terrestre	Sedimentos		
Elementos	Background	Background	Clarke	Xisto Médio
Al (%)	8,2	7,2	8,36	8,8
As (ppm)	1,5	7,7	1,8	13
Cd (ppm)	0,11	0,17	0,16	0,22
Pb (ppm)	14	19	13	23
Cu (ppm)	50	33	68	39
Cr (ppm)	100	72	122	90
Fe (%)	4,1	4,1	6,2	4,8
Mn (ppm)	950	770	1060	850
Hg (ppm)	0,05	0,19	0,08	0,18
Ni (ppm)	80	52	99	68
Zn (ppm)	75	95	76	120

Tabela 4.3.23 - "Benchmarks" (referenciais de níveis de efeito biológico) utilizados como referenciais nas comparações com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do Arroio Candiota. Apresentam-se os valores limites de cada uma das quatro concepções apresentadas. Vários autores, cada concepção é referenciada no texto.

Elementos	Concepções dos limites em há prejuizo biologico as comunidades							
Estudados	TEC	PEC	LEL	SEL	ERL	ERM	TEL	PEL
Al %)								
As (ppm)	9,8	33	6	33	8,2	70	5,9	17
Cd (ppm)	0,99	5	0,6	10	1,2	9,6	0,6	3,5
Pb (ppm)	36	130	31	250	46,7	218	35	91,3
Cu (ppm)	32	150	16	110	34	270	35,7	197
Cr (ppm)	43,4	110	26	110	81	370	37,3	90
Fe (%)	2	4	2	4				
Mn (ppm)	460	1100	460	1100				
Hg (ppm)	0,18	1,1	0,2	2	0,15	0,71	0,17	0,486
Ni (ppm)	23	49	16	75	20,9	51,6	18	36
Zn (ppm)	120	460	120	820	150	410	123	31,5

Obs: Onde há achureamento significa que aquela concepção não contemplou o referido elemento.

Tabela 4.3.24 - Os valores TEL-PEL foram detalhados e associados a classes nominais, pela CETESB, São Paulo, Brasil. Para ser aplicado a qualidade dos sedimentos. Resolução 454 CONAMA para a qualidade de sedimentos em processos de dragagem de corpos hídricos.

		TEL		PEL	
Met/Classes	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
As (µg/g)	<5,9	≥5,9 a 11,5	>11,5 a <17,0	17,0 a 25,5	>25,5
Cd(µg/g)	<0,6	≥0,6 a 2,1	>2,1 a <3,5	3,5 a 5,3	>5,3
Pb(µg/g)	<35,0	≥35,0 a 63,2	>63,2 a <91,3	91,3 a 137,0	>137,0
Cu(µg/g)	<35,7	≥35,7 a 116,4	>116,4 a <197,0	197,0 a 295,5	>295,5
Cr(µg/g)	<37,3	≥37,3 a 63,7	>63,7 a <90,0	90,0 a 135,0	>135,0
Hg(µg/g)	<0,170	≥0,170 a 0,328	>0,328 a <0,486	0,486 a 0,729	>0,729
Ni(µg/g)	<18	≥18 a 27	>27,0 a < 36,0	36,0 a 54,0	>54,0
Zn(µg/g)	<123	≥123 a 219	>219,0 a <315,0	315,0 a 473,0	>473,0

Salienta-se, mais uma vez, que como estratégia estatística toda a vez que a análise química mostrava ND, ou menor que limite de detecção, utilizava-se o valor numérico do limite de detecção para estabelecer as relações, uma vez que se buscaram-se sempre os valores mais restritivos e utilizar estratégia de anular o valor "missing" de uma planilha de dados sem comprometer o resultado da análise.

Toda vez que estas concentrações se elevam acima do valor referencial, ou referencial médio, ou ainda nível de base considerado. Leva-nos a preocupação de que estes químicos possam representar um risco a vida existente na BHAC, e com a probabilidade de ter como origem atividades antropogênicas.

Abordagem do RTR ("Ratio to Reference") e do RTM - ("Ratio to Maximum Value"). Avaliação Relativa no Âmbito da BHAC.

Aplica-se o método de razão de referência. Um dos métodos de avaliação integrada dos componentes é a proposta de que que todas as medidas sejam transformadas em valores relativos, RTR –"Ratio to Reference" aos dados do local de referência, estação amostral 1, na BHAC, expressando o número de vezes que esta medida excede em tamanho àquela esperada sob

condições ambientais consideradas satisfatórias. Este último valor é o chamado ART valor agregado de referência. Veja tabelas 4.3.25 a 4.3.28.

O critério do uso da RTR (Razão de Referência) tem como pressuposto de que as concentrações do local de referência estavam entre as menores presente na BHAC e que essas concentrações foram, de fato, um indicativo de condições de referência ou de nível de base.

Considerando que a BHAC é uma área multiusos, torna-se impossível de ser estabelecido uma estação amostral que seja totalmente isenta de registros das atividades antropogênicas, e ainda tem que ser considerado a biocomplexidade da BHAC, com sua geodiversidade e as características variáveis que daí advém (declividades, mineralogia, tipos de solos, topografia, pluviometria, morfometria etc.) para o que se espera que os resultados analíticos difiram completamente daqueles obtidos para as estações de amostragem estabelecidas na área de estudo.

Uma outra dificuldade da aplicação desse procedimento é que antes de efetuar o cálculo é necessário verificar se todas as medidas a serem usadas na análise respondem diretamente ao grau de degradação ambiental; caso contrário é necessário que se processem transformações matemáticas, para que este pré-requisito do método seja respeitado para que as representações destes dados tomem forma num sistema isométrico. As medições do local que está sendo avaliado são divididas pelos valores dos mesmos parâmetros medidos em um local de referência a estação amostral 1 que é considerado, não contaminado pela atividade que se está monitorando (termeletricidade). Traçado dessa maneira, o grau relativo de "impacto" antropogênico.

CHAPMAN et al. (1987) orientam de que os dados sejam todos tratados quantitativamente, fazendo-se a devida normalização de seus valores (parâmetros limnológicos, químicos e biológicos), através da conversão dos valores para razões de referência (**RTR** - "Razão de Referencia"), visando serem combinados e originar um perfil de degradação de cada unidade

amostral. Os critérios estabelecidos para a definição das razões de referência partem do princípio de que as concentrações em uma estação amostral referência, que deve ser considerada relativamente conservada, são representativas de condições "background". Os aumentos relativos das concentrações de substâncias químicas, em relação a uma média de referência de uma unidade amostral específica, poderão serem usados como evidência para considerar se essas substâncias têm origem antrópica.

Devido à grande extensão dos usos antropogênicos na BHAC e as influências no estado ambiental do sistema, não existe um local relativamente livre destas influencias que possa ser usado como referência de um determinado ambiente, preço pago pela sociedade pelo modelo de desenvolvimento econômico, nesse caso a determinação de RTR pode levar em consideração os máximos valores obtidos (**RTM-** Ratio to Maximum Value), (CHAPMAN, 1990).

Nesta estratégia os dados foram tratados quantitativamente, normalizando seus valores, utilizando para tanto os valores das variáveis obtidos no local de referência a estação 1. Ao fazer-se a devida normalização de seus valores todas as variáveis de natureza limnológicas, químicas e biológicas, também podem ser normalizadas através da conversão dos valores para razões de referência, **RTR**, "Ratio to Reference", visando-se mais tarde serem combinadas e gerar um perfil de degradação, relativa, de cada uma das unidades amostrais.

As razões de referência são definidas a partir das condições de "níveis de base" (background) ou estabelecendo que as respostas a estas variáveis obtidas no local de referência, relativamente não afetado pelo uso da Termeletricidade a estação 1, são efetivamente representativas de condições "background".

Portanto, aumentos relativos das concentrações de substâncias químicas, em relação a um valor de referência de uma unidade amostral específica, podem ser usados dentro de uma linha de evidencia para considerar que

essa alteração se deve a origem antrópica. Devido à grande extensão das influências sofridas na BHAC pelos multiusos e pela pressão econômica dos mesmos não existe um local relativamente livre de contaminação que possa ser usado como referência de um determinado ambiente, nesse caso a determinação de RTR pode levar em consideração os máximos valores obtidos (RTM- "ratio to maximum value"), mas mesmo assim não se despreza as comparações entre a estação 1 como local de referência para o uso denominado de Termeletricidade.

Essa estratégia de estudo, foi aplicada aos dados produzidos por este intervalo de tempo. Os valores desses parâmetros foram convertidos em razões para o valor máximo.

Existe uma diversidade de informações com a qual se deve lidar em estudos desse tipo que caracterizam o estado do sistema ambiental e devido a isto é necessária uma avaliação de como os parâmetros estudados influenciam o ambiente de forma individual. Nesse monitoramento adotou-se como critério numérico os valores próximos de 1 como influenciando negativamente o ambiente, enquanto valores próximos de 0 seriam condições boas.

Porém, nem todas variáveis que foram avaliadas comportam-se dessa forma, o "pH" por exemplo não pode ser muito baixo, mas também não pode ser muito alto. Para corrigir isso, nas variáveis em que altos valores significam condições favoráveis, usou-se um modificador igual a −1, normalizando o comportamento de todas variáveis estudadas.

O RTM foi calculado utilizando as seguintes equações:

Cálculo de RTM	Integreção dos valores de RTM
RTM = Vyi/Vmy	Imax = ∑RTMi/n

Onde:

RTM =Razão de Máximo Valor;

Vyi = Parâmetro y na estação i ;
Vmy = Valor máximo da variável;
y = Variável avaliada;
i = Estação de coleta;
n = Número de amostras ou variáveis.

Resultados do RTM são apresentados nas Tabelas 4.3.25 a 4.3.28.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.25 - Valores de RTR-"Ratio to Reference" e os valores ART calculados para cada estação amostral na Campanha amostral AE, novembro de 2016. Sendo que os valores ditos Agregados de Referencia (ART) são considerados aqui o número de vezes que a uma estação amostral difere da estação ou local de referência (estação 1).

Metais Totais	1AE	RTR-1AE	2AE	RTR-2AE	3AE	RTR-3AE	4AE	RTR-4AE	5AE	RTR-5AE	6AE	RTR-6AE	7AE	RTR-7AE
Altot (%)	5,224	1,000	0,010	0,002	0,250	0,048	0,256	0,049	2,062	0,395	0,174	0,033	3,767	0,721
Astot(ppm)	6,710	1,000	1,370	0,204	2,350	0,350	1,710	0,255	3,960	0,590	3,100	0,462	6,380	0,951
Cdtot(ppm)	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000
Pbtot(ppm)	26,700	1,000	4,470	0,167	1,570	0,059	2,430	0,091	2,410	0,090	2,170	0,081	22,900	0,858
Cutot(ppm)	11,000	1,000	1,910	0,174	1,740	0,158	3,150	0,286	7,100	0,645	1,730	0,157	15,400	1,400
Crtot(ppm)	15,100	1,000	4,670	0,309	6,480	0,429	5,500	0,364	9,930	0,658	3,240	0,215	20,600	1,364
Fetot (%)	2,634	1,000	0,752	0,285	0,891	0,338	0,973	0,369	1,340	0,509	0,680	0,258	2,278	0,865
Mntot(ppm)	847,000	1,000	539,000	0,636	121,000	0,143	277,000	0,327	649,000	0,766	297,000	0,351	633,000	0,747
Hgtot(ppm)	0,080	1,000	0,040	0,500	0,040	0,500	0,040	0,500	0,050	0,625	0,030	0,375	0,070	0,875
Nitot(ppm)	6,940	1,000	1,780	0,256	2,580	0,372	3,310	0,477	7,080	1,020	1,230	0,177	13,300	1,916
Zntot(ppm)	47,800	1,000	11,100	0,232	12,200	0,255	22,900	0,479	38,400	0,803	24,900	0,521	73,800	1,544
	∑	**11,000**	**∑**	**3,767**	**∑**	**3,652**	**∑**	**4,198**	**∑**	**7,102**	**∑**	**3,630**	**∑**	**12,241**
	ART	**1,000**	**ART**	**0,342**	**ART**	**0,332**	**ART**	**0,382**	**ART**	**0,646**	**ART**	**0,330**	**ART**	**1,113**

Tabela 4.3.26 - Valores de RTR-"Ratio to Reference" e os valores ART calculados para cada estação amostral na Campanha amostral AF, janeiro de 2017. Sendo que os valores ditos Agregados de Referencia (ART) são considerados aqui o número de vezes que a uma estação amostral difere da estação ou local de referência (estação 1).

Metais Totais	1AF	RTR-1AF	2AF	RTR-2AF	3AF	RTR-3AF	4AF	RTR-4AF	5AF	RTR-5AF	6AF	RTR-6AF	7AF	RTR-7AF	1aAF	RTR-1aAF
Altot (%)	0,097	1,000	0,079	0,815	0,092	0,946	0,283	2,926	0,707	7,315	0,115	1,190	0,148	1,532	0,093	0,965
Astot(ppm)	24,500	1,000	0,614	0,025	0,350	0,014	3,330	0,136	3,580	0,146	10,400	0,424	0,371	0,015	0,373	0,015
Cdtot(ppm)	1,580	1,000	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038
Pbtot(ppm)	2,690	1,000	3,650	1,357	3,990	1,483	11,500	4,275	18,900	7,026	4,370	1,625	4,730	1,758	3,010	1,119
Cutot(ppm)	1,440	1,000	2,260	1,569	1,060	0,736	4,870	3,382	9,560	6,639	2,740	1,903	1,320	0,917	1,760	1,222
Crtot(ppm)	1,650	1,000	4,020	2,436	0,290	0,176	11,600	7,030	10,600	6,424	2,340	1,418	2,170	1,315	0,290	0,176
Fetot (%)	0,234	1,000	0,511	2,184	0,215	0,919	1,359	5,806	1,296	5,539	0,511	2,185	0,219	0,936	0,263	1,123
Mntot(ppm)	154,000	1,000	150,000	0,974	158,000	1,026	575,000	3,734	935,000	6,071	50,300	0,327	258,000	1,675	83,200	0,540
Hgtot(ppm)	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000
Nitot(ppm)	0,257	1,000	0,930	3,619	0,467	1,817	5,030	19,572	7,660	29,805	1,740	6,770	1,410	5,486	0,307	1,195
Zntot(ppm)	4,250	1,000	7,930	1,866	4,900	1,153	36,900	8,682	38,800	9,129	6,740	1,586	5,630	1,325	3,960	0,932
	∑	**11,000**	**∑**	**15,883**	**∑**	**9,309**	**∑**	**56,581**	**∑**	**79,134**	**∑**	**18,467**	**∑**	**15,998**	**∑**	**8,324**
	ART	**1,000**	**ART**	**1,444**	**ART**	**0,846**	**ART**	**5,144**	**ART**	**7,194**	**ART**	**1,679**	**ART**	**1,454**	**ART**	**0,757**

Tabela 4.3.27 - Valores de RTR-"Ratio to Reference" e os valores ART calculados para cada estação amostral na Campanha amostral AG, abril de 2017. Sendo que os valores ditos Agregados de Referencia (ART) são considerados aqui o número de vezes que a uma estação amostral difere da estação ou local de referência (estação 1).

Metais Totais	1AG	RTR-1AG	2AG	RTR-2AG	3AG	RTR-3AG	4AG	RTR-4AG	5AG	RTR-5AG	6AG	RTR-6AG	7AG	RTR-7AG	8AG	RTR-8AG
Altot (%)	0,980	1,000	0,991	1,012	0,091	0,092	0,119	0,122	1,219	1,245	0,120	0,123	0,745	0,760	0,556	0,567
Astot(ppm)	0,520	1,000	0,520	1,000	0,350	0,673	6,230	11,981	1,210	2,327	0,825	1,587	0,862	1,658	0,858	1,650
Cdtot(ppm)	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,063	1,050
Pbtot(ppm)	2,120	1,000	2,540	1,198	1,190	0,561	3,510	1,656	3,530	1,665	2,460	1,160	2,150	1,014	5,930	2,797
Cutot(ppm)	1,960	1,000	4,580	2,337	0,600	0,306	2,040	1,041	6,300	3,214	1,890	0,964	3,600	1,837	3,940	2,010
Crtot(ppm)	3,290	1,000	10,300	3,131	0,746	0,227	16,100	4,894	9,750	2,964	6,770	2,058	6,100	1,854	10,300	3,131
Fetot (%)	1,153	1,000	1,085	0,941	0,263	0,229	1,445	1,253	1,358	1,178	0,910	0,789	0,822	0,713	2,256	1,957
Mntot(ppm)	185,000	1,000	360,000	1,946	153,000	0,827	338,000	1,827	826,000	4,465	42,100	0,228	499,000	2,697	248,000	1,341
Hgtot(ppm)	0,060	1,000	0,100	1,667	0,020	0,333	0,020	0,333	0,080	1,333	0,030	0,500	0,040	0,667	0,080	1,333
Nitot(ppm)	1,540	1,000	4,460	2,896	0,636	0,413	2,220	1,442	6,950	4,513	1,580	1,026	4,270	2,773	1,580	1,026
Zntot(ppm)	9,310	1,000	20,400	2,191	6,750	0,725	21,300	2,288	42,100	4,522	12,500	1,343	34,500	3,706	29,400	3,158
	∑	11,000	∑	19,318	∑	5,387	∑	27,836	∑	28,426	∑	10,777	∑	18,678	∑	20,020
	ART	1,000	ART	1,756	ART	0,490	ART	2,531	ART	2,584	ART	0,980	ART	1,698	ART	1,820

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.28 - Valores de RTR (Ratio to reference)e os valores ART calculados para cada estação amostral na Campanha amostral AH, julho de 2017. Sendo que os valores ditos Agregados de Referencia (ART) são considerados aqui o número de vezes que a uma estação amostral difere da estação ou local de referência (estação 1).

Metais Totais	1AH	RTR-1AH	2AH	RTR-2AH	3AH	RTR-3AH	4AH	RTR-4AH	5AH	RTR-5AH	6AH	RTR-6AH	7AH	RTR-7AH	8AH	RTR-8AH
Altot (%)	0,193	1,000	1,787	9,271	0,297	1,542	0,443	2,296	1,990	10,325	0,470	2,440	0,689	3,578	0,846	4,390
Astot(ppm)	0,350	1,000	0,667	1,906	0,350	1,000	0,413	1,180	0,767	2,191	0,906	2,589	0,746	2,131	0,714	2,040
Cdtot(ppm)	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000
Pbtot(ppm)	1,200	1,000	1,760	1,467	2,830	2,358	2,710	2,258	1,620	1,350	2,720	2,267	0,370	0,308	6,140	5,117
Cutot(ppm)	0,786	1,000	10,800	13,740	0,600	0,763	2,030	2,583	7,150	9,097	2,250	2,863	4,690	5,967	5,740	7,303
Crtot(ppm)	1,430	1,000	12,100	8,462	1,310	0,916	5,360	3,748	8,790	6,147	2,700	1,888	5,940	4,154	10,300	7,203
Fetot (%)	0,292	1,000	2,190	7,493	0,456	1,561	0,892	3,051	1,176	4,022	0,726	2,483	0,669	2,289	1,570	5,372
Mntot(ppm)	92,400	1,000	480,000	5,195	159,000	1,721	286,000	3,095	737,000	7,976	64,400	0,697	455,000	4,924	489,000	5,292
Hgtot(ppm)	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000
Nitot(ppm)	0,402	1,000	9,270	23,060	0,375	0,933	3,220	8,010	7,350	18,284	2,260	5,622	6,360	15,821	3,050	7,587
Zntot(ppm)	5,020	1,000	35,300	7,032	7,630	1,520	23,800	4,741	41,700	8,307	11,400	2,271	27,500	5,478	52,800	10,518
	∑	11,000	∑	79,625	∑	14,315	∑	32,962	∑	69,698	∑	25,118	∑	46,650	∑	56,822
	ART	1,000	ART	7,239	ART	1,301	ART	2,997	ART	6,336	ART	2,283	ART	4,241	ART	5,166

Obtém-se uma ordenação em relação a estação 1, considerada como o local de referência, para cada Campanha Amostral, figura 4.3.10. A estação amostral 1, foi considerada como local de referência já que está geograficamente a montante da Térmica, a montante também do reservatório (fonte fria da Térmica) e afastada das minerações. No entanto, não se pode dizer que não sofre a influência dos outros usos. Além disso o próprio uso Termeletricidade, Minerações de Carvão, Mineração de Calcário e as Cimenteiras tem também efluentes aéreos que podem também acabar influenciando.

6AE < 3AE < 2AE < 4AE < 5AE < < 7AE

1aAF < 3AF < < 2AF < 7AF < 6AF < 4AF < 5AF

3AG <6AG <7AG <2AG <8AG <4AG <5AG

3AH < 6AH < 4AH < 7AH <8AH< 5AH <2AH

Figura 4.3.10 - Ordenação do RTR, considerando a estação 1 como local de referência. Ordenação relativa, considerando individualmente as estações amostrais dentro do contexto de cada campanha amostral.

A estação amostral 1, foi considerada como local de referência já que está geograficamente a montante da Térmica, a montante também do reservatório (fonte fria da Térmica) e afastada das minerações. No entanto não se pode dizer que não sofre a influência dos outros usos. Além disso o próprio uso Termeletricidade, Minerações de Carvão, Mineração de Calcário e as Cimenteiras tem também efluentes aéreos que podem também acabar influenciando. Desta forma o uso do RTR atende ao fato de que é uma avaliação relativa. A apresentação dos dados como valores RTR fornece uma medida do grau de alteração em cada estação e local comparado ao local de referência (estação1), e um ao outro.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.29 - Valores de RTM (Ratio to Maximum Value) considerando os máximos valores cada estação amostral na Campanha amostral AE, novembro de 2016.

Metais Totais	1AE	RTM-1AE	2AE	RTM-2AE	3AE	RTM-3AE	4AE	RTM-4AE	5AE	RTM-5AE	6AE	RTM-6AE	7AE	RTM-7AE
Altot (%)	5,224	1,000	0,010	0,002	0,250	0,048	0,256	0,049	2,062	0,395	0,174	0,033	3,767	0,721
Astot(ppm)	6,710	1,000	1,370	0,204	2,350	0,350	1,710	0,255	3,960	0,590	3,100	0,462	6,380	0,951
Cdtot(ppm)	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000
Pbtot(ppm)	26,700	1,000	4,470	0,167	1,570	0,059	2,430	0,091	2,410	0,090	2,170	0,081	22,900	0,858
Cutot(ppm)	11,000	1,000	1,910	0,174	1,740	0,158	3,150	0,286	7,100	0,645	1,730	0,157	15,400	1,400
Crtot(ppm)	15,100	0,733	4,670	0,227	6,480	0,315	5,500	0,267	9,930	0,482	3,240	0,157	20,600	1,000
Fetot (%)	2,634	1,000	0,752	0,285	0,891	0,338	0,973	0,369	1,340	0,509	0,680	0,258	2,278	0,865
Mntot(ppm)	847,000	1,000	539,000	0,636	121,000	0,143	277,000	0,327	649,000	0,766	297,000	0,351	633,000	0,747
Hgtot(ppm)	0,080	1,000	0,040	0,500	0,040	0,500	0,040	0,500	0,050	0,625	0,030	0,375	0,070	0,875
Nitot(ppm)	6,940	0,522	1,780	0,134	2,580	0,194	3,310	0,249	7,080	0,532	1,230	0,092	13,300	1,000
Zntot(ppm)	47,800	0,648	11,100	0,150	12,200	0,165	22,900	0,310	38,400	0,520	24,900	0,337	73,800	1,000
	∑	9,903	∑	3,480	∑	3,270	∑	3,704	∑	6,155	∑	3,305	∑	10,417
	Imax	0,900	Imax	0,316	Imax	0,297	Imax	0,337	Imax	0,560	Imax	0,300	Imax	0,947

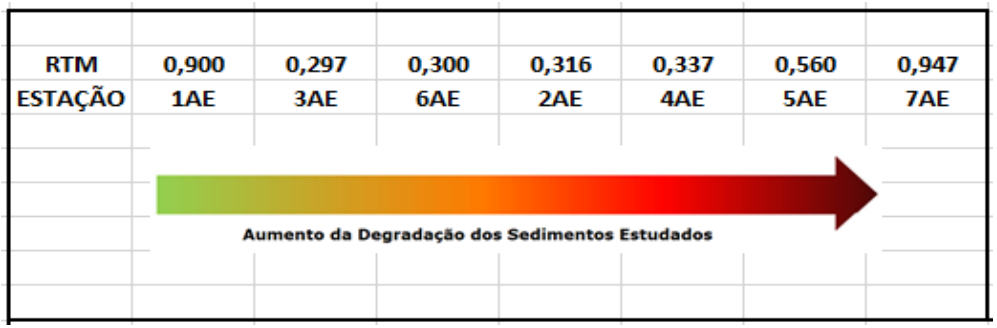


Figura 4.3.11 – A partir dos valores de RTM calculado para a campanha amostral AE (novembro de 2016), pode-se inferir ou esperar que a degradação aconteça neste sentido.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.30 - Valores de RTM (Ratio to Maximum Value) considerando os máximos valores cada estação amostral na Campanha amostral AF, janeiro de 2017.

Metais Totais	1AF	RTM 1AF	2AF	RTM-2AF	3AF	RTM-3AF	4AF	RTM-4AF	5AF	RTM-5AF	6AF	RTM-6AF	7AF	RTM-7AF	1aAF	RTM-1aAF
Altot (%)	0,097	0,137	0,079	0,111	0,092	0,129	0,283	0,400	0,707	1,000	0,115	0,163	0,148	0,209	0,093	0,132
Astot(ppm)	24,500	1,000	0,614	0,025	0,350	0,014	3,330	0,136	3,580	0,146	10,400	0,424	0,371	0,015	0,373	0,015
Cdtot(ppm)	1,580	1,000	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038	0,060	0,038
Pbtot(ppm)	2,690	0,142	3,650	0,193	3,990	0,211	11,500	0,608	18,900	1,000	4,370	0,231	4,730	0,250	3,010	0,159
Cutot(ppm)	1,440	1,000	2,260	1,000	1,060	1,000	4,870	1,000	9,560	1,000	2,740	1,000	1,320	1,000	1,760	1,000
Crtot(ppm)	1,650	0,142	4,020	0,347	0,290	0,025	11,600	1,000	10,600	0,914	2,340	0,202	2,170	0,187	0,290	0,025
Fetot (%)	0,234	0,172	0,511	0,376	0,215	0,158	1,359	1,000	1,296	0,954	0,511	0,376	0,219	0,161	0,263	0,193
Mntot(ppm)	154,000	0,165	150,000	0,160	158,000	0,169	575,000	0,615	935,000	1,000	50,300	0,054	258,000	0,276	83,200	0,089
Hgtot(ppm)	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000
Nitot(ppm)	0,257	0,034	0,930	0,121	0,467	0,061	5,030	0,657	7,660	1,000	1,740	0,227	1,410	0,184	0,307	0,040
Zntot(ppm)	4,250	0,110	7,930	0,204	4,900	0,126	36,900	0,951	38,800	1,000	6,740	0,174	5,630	0,145	3,960	0,102
	∑	4,901	∑	3,576	∑	2,932	∑	7,405	∑	9,052	∑	3,889	∑	3,466	∑	2,794
	Imax	0,446	Imax	0,325	Imax	0,267	Imax	0,673	Imax	0,823	Imax	0,354	Imax	0,315	Imax	0,254

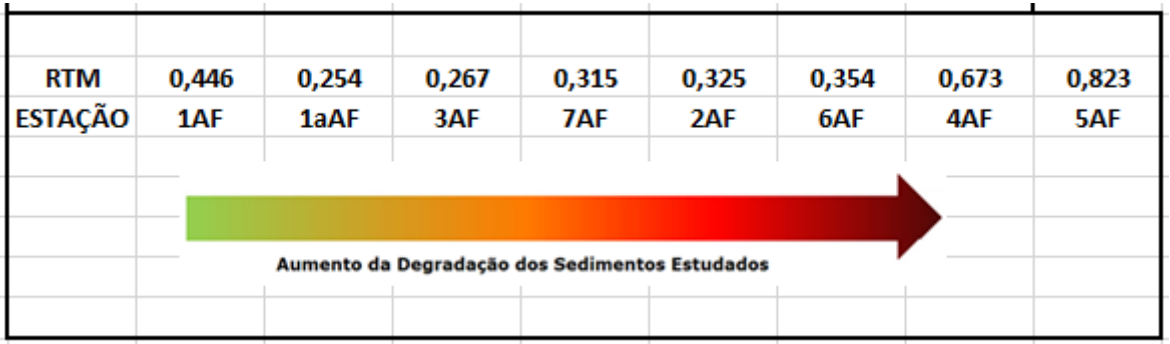


Figura 4.3.12 – A partir dos valores de RTM calculado para a campanha amostral AF (janeiro de 2017), pode-se inferir ou esperar que a degradação aconteça neste sentido, tendo como local de referencia a estação amostral 1.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.31 - Valores de RTM (Ratio to Maximum Value) considerando os máximos valores cada estação amostral na Campanha amostral AG, abril de 2017.

Metais Totais	1AG	RTM-1AG	2AG	RTM-2AG	3AG	RTM-3AG	4AG	RTM-4AG	5AG	RTM-5AG	6AG	RTM-6AG	7AG	RTM-7AG	8AG	RTM-8AG
Altot (%)	0,980	0,804	0,991	0,813	0,091	0,074	0,119	0,098	1,219	1,000	0,120	0,098	0,745	0,611	0,556	0,456
Astot(ppm)	0,520	0,083	0,520	0,083	0,350	0,056	6,230	1,000	1,210	0,194	0,825	0,132	0,862	0,138	0,858	0,138
Cdtot(ppm)	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,063	1,050
Pbtot(ppm)	2,120	0,358	2,540	0,428	1,190	0,201	3,510	0,592	3,530	0,595	2,460	0,415	2,150	0,363	5,930	1,000
Cutot(ppm)	1,960	0,311	4,580	0,727	0,600	0,095	2,040	0,324	6,300	1,000	1,890	0,300	3,600	0,571	3,940	0,625
Crtot(ppm)	3,290	0,204	10,300	0,640	0,746	0,046	16,100	1,000	9,750	0,606	6,770	0,420	6,100	0,379	10,300	0,640
Fetot (%)	1,153	0,072	1,085	0,067	0,263	0,016	1,445	0,090	1,358	0,084	0,910	0,056	0,822	0,051	2,256	0,140
Mntot(ppm)	185,000	0,224	360,000	0,436	153,000	0,185	338,000	0,409	826,000	1,000	42,100	0,051	499,000	0,604	248,000	0,300
Hgtot(ppm)	0,060	0,600	0,100	1,000	0,020	0,200	0,020	0,200	0,080	0,800	0,030	0,300	0,040	0,400	0,080	0,800
Nitot(ppm)	1,540	1,000	4,460	1,000	0,636	1,000	2,220	1,000	6,950	1,000	1,580	1,000	4,270	1,000	1,580	1,000
Zntot(ppm)	9,310	0,221	20,400	0,485	6,750	0,160	21,300	0,506	42,100	1,000	12,500	0,297	34,500	0,819	29,400	0,698
	∑	4,877	∑	6,679	∑	3,035	∑	6,219	∑	8,279	∑	4,071	∑	5,937	∑	6,847
	Imax	0,443	Imax	0,607	Imax	0,276	Imax	0,565	Imax	0,753	Imax	0,370	Imax	0,540	Imax	0,622

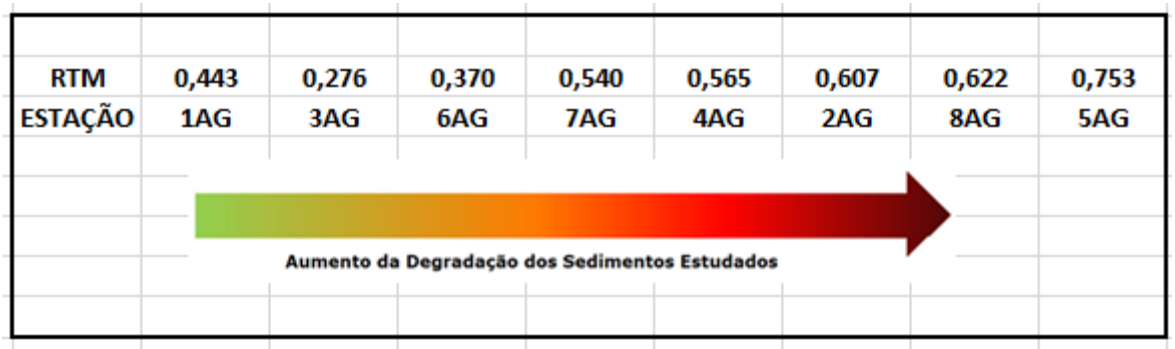


Figura 4.3.13 – A partir dos valores de RTM calculado para a campanha amostral AG (abril de 2017), pode-se inferir ou esperar que a degradação aconteça neste sentido, tendo como local de referencia a estação amostral 1.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.32 - Valores de RTM (Ratio to Maximum Value) considerando os máximos valores cada estação amostral na Campanha amostral AH, julho de 2017.

Metais Totais	1AH	RTM-1AH	2AH	RTM2AH	3AH	RTM-3AH	4AH	RTM-4AH	5AH	RTM-5AH	6AH	RTM-6AH	7AH	RTM-7AH	8AH	RTM-8AH
Altot (%)	0,193	0,097	1,787	0,898	0,297	0,149	0,443	0,222	1,990	1,000	0,470	0,236	0,689	0,347	0,846	0,425
Astot(ppm)	0,350	0,386	0,667	0,736	0,350	0,386	0,413	0,456	0,767	0,847	0,906	1,000	0,746	0,823	0,714	0,788
Cdtot(ppm)	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000	0,060	1,000
Pbtot(ppm)	1,200	0,195	1,760	0,287	2,830	0,461	2,710	0,441	1,620	0,264	2,720	0,443	0,370	0,060	6,140	1,000
Cutot(ppm)	0,786	0,073	10,800	1,000	0,600	0,056	2,030	0,188	7,150	0,662	2,250	0,208	4,690	0,434	5,740	0,531
Crtot(ppm)	1,430	0,118	12,100	1,000	1,310	0,108	5,360	0,443	8,790	0,726	2,700	0,223	5,940	0,491	10,300	0,851
Fetot (%)	0,292	0,133	2,190	1,000	0,456	0,208	0,892	0,407	1,176	0,537	0,726	0,331	0,669	0,305	1,570	0,717
Mntot(ppm)	92,400	0,125	480,000	0,651	159,000	0,216	286,000	0,388	737,000	1,000	64,400	0,087	455,000	0,617	489,000	0,664
Hgtot(ppm)	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000	0,020	1,000
Nitot(ppm)	0,402	0,043	9,270	1,000	0,375	0,040	3,220	0,347	7,350	0,793	2,260	0,244	6,360	0,686	3,050	0,329
Zntot(ppm)	5,020	0,095	35,300	0,669	7,630	0,145	23,800	0,451	41,700	0,790	11,400	0,216	27,500	0,521	52,800	1,000
	∑	3,267	∑	9,241	∑	3,769	∑	5,344	∑	8,618	∑	4,989	∑	6,285	∑	8,305
	Imax	0,297	Imax	0,840	Imax	0,343	Imax	0,486	Imax	0,783	Imax	0,454	Imax	0,571	Imax	0,755

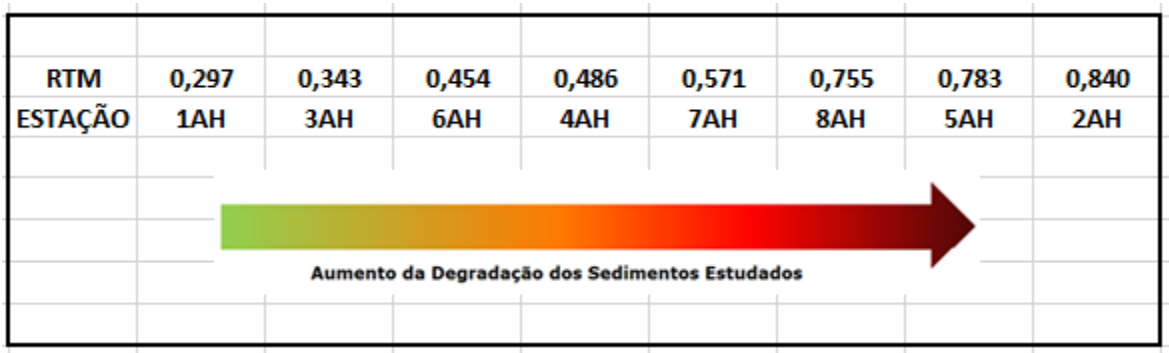


Figura 4.3.14 – A partir dos valores de RTM calculado para a campanha amostral AH (julho de 2017), pode-se inferir ou esperar que a degradação aconteça neste sentido, tendo como local de referência a estação amostral 1.

Índices Geoquímicos-Fator de enriquecimento (EF), Índice de geoacumulação (Igeo), e Índice de Carga de Poluição (PLI) - Cálculos e Aplicações.

O **fator de enriquecimento** (EF) tem sido amplamente utilizado como uma abordagem apropriada discriminar entre fontes naturais e antropogênicas e para refletir o estado da contaminação ambiental, com base no uso de um elemento de normalização para aliviar as variações produzidas por sedimentos heterogêneos.

As concentrações de metal foram normalizadas para a característica textural de sedimentos em relação a Mn, usado como material de referência. Além disso estas concentrações de metal foram normalizadas para a característica textural dos sedimentos em relação ao Fe. O Ferro foi selecionado porque é uma principal fase de sorvente para metais traços, e é um quase conservativo rastreador das fases naturais do metal em sedimentos fluviais. Portanto, EF foi definido de acordo com Salati e Moore (2010), o EF dos metais nos sedimentos em todos os as estações foram calculadas no presente estudo para estimar o EF dos metais nos sedimentos de cada estação amostral de sedimentos usando o Fe como um normalizador para corrigir as diferenças nos tamanhos de grãos dos sedimentos e a mineralogia presente esta última não foi escopo deste estudo, porem a sua influência é neutralizada por esta estratégia, para tanto foi utilizada a seguinte equação:

$$\mathrm{EFs} = \frac{(C_x/C_{\mathrm{Fe}})_{\mathrm{sample}}}{(C_x/C_{\mathrm{Fe}})_{\mathrm{shale}}}$$

Onde,

(C_x / C_{Fe}) amostra e (C_x / C_{Fe}) média dos xistos e dos sedimentos do planeta, valor são, respectivamente, a concentração de metal (µg / g peso

seco) em relação aos níveis de Fe (% de peso seco) em amostras de sedimentos e valores médios retirados de Turenkian segundo e Wedepohl (1961); Bowen (1979). A normalização geoquímica tem sido amplamente utilizada para obter o fator de enriquecimento e avaliar as contribuições antropogênicas de metais nos sedimentos estudados. Os valores de referências denominados de "shale", são aqueles preconizados na equação por Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979), (xisto médio).

Neste estudo, a normalização geoquímica foi obtida usando Fe como o elemento de referência. O Fe foi usado pelas seguintes razões:

(1) O Fe está associado a superfícies sólidas finas;
(2) sua geoquímica é semelhante à de muitos metais traçados; e
(3) a sua concentração natural de sedimentos tende a ser uniforme.
(4) por poder executar rastreamento com os dados produzidos no mundo todo.

Os valores EF foram interpretados como a partir da utilização de classes do fator de enriquecimento (EF):

EF <1 indica que não há enriquecimento;
EF <3 é pequeno enriquecimento;
EF = 3-5 é um enriquecimento moderado;
EF = 5-10 é um enriquecimento moderadamente grave;
EF = 10-25 é um enriquecimento severo;
EF = 25-50 é um enriquecimento muito severo, e
EF> 50 é um enriquecimento extremamente severo.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.33 – Apresentam-se os resultados do fator de enriquecimento. Calculado com os valores de referência da composição média do xisto de acordo com Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979).

Metais Totais	EF Al Xisto	EF As Xisto	EF Cd Xisto	EF Pb Xisto	EF Cu Xisto	EF Cr Xisto	EF Mn Xisto	Hgtot Xisto	Nitot Xisto	Zntot Xisto
1AF	1,082	0,941	0,497	0,005	0,514	0,306	1,816	0,810	0,186	0,726
2AE	0,007	0,673	1,742	0,017	0,313	0,331	4,050	1,419	0,167	0,591
3AE	0,153	0,974	1,469	0,014	0,240	0,388	0,767	1,197	0,204	0,548
4AE	0,143	0,649	1,345	0,013	0,398	0,301	1,607	1,096	0,240	0,941
5AE	0,840	1,091	0,977	0,009	0,652	0,395	2,735	0,995	0,373	1,146
6AE	0,140	1,684	1,927	0,018	0,313	0,254	2,468	1,177	0,128	1,166
7AE	0,902	1,034	0,575	0,005	0,832	0,482	1,569	0,819	0,412	1,296
1AF	0,225	38,659	147,319	1,409	0,757	0,376	3,716	2,279	0,078	0,726
2AF	0,084	0,444	2,562	0,025	0,544	0,420	1,658	1,044	0,128	0,621
3AF	0,232	0,601	6,086	0,058	0,607	0,072	4,148	2,479	0,153	0,911
4AF	0,114	0,905	0,963	0,009	0,441	0,455	2,390	0,393	0,261	1,086
5AF	0,298	1,020	1,010	0,010	0,908	0,436	4,074	0,411	0,417	1,197
6AF	0,123	7,509	2,560	0,024	0,659	0,244	0,555	1,043	0,240	0,527
7AF	0,369	0,625	5,975	0,057	0,741	0,528	6,650	2,434	0,454	1,028
1aAF	0,194	0,524	4,983	0,048	0,825	0,059	1,788	2,030	0,082	0,603
1AG	0,464	0,167	1,136	0,011	0,209	0,152	0,906	1,388	0,094	0,323
2AG	0,498	0,177	1,207	0,012	0,520	0,506	1,874	2,459	0,290	0,752
3AG	0,188	0,491	4,970	0,048	0,280	0,151	3,280	2,025	0,170	1,025
4AG	0,045	1,592	0,906	0,009	0,174	0,594	1,321	0,369	0,108	0,590
5AG	0,490	0,329	0,964	0,009	0,571	0,383	3,431	1,571	0,361	1,240
6AG	0,072	0,335	1,439	0,014	0,256	0,397	0,261	0,880	0,123	0,550
7AG	0,495	0,387	1,593	0,015	0,539	0,396	3,430	1,298	0,367	1,680
8AG	0,134	0,140	0,609	0,006	0,215	0,243	0,621	0,946	0,049	0,521
1AH	0,360	0,442	4,479	0,043	0,331	0,261	1,785	1,825	0,097	0,687
2AH	0,445	0,112	0,598	0,006	0,607	0,295	1,238	0,243	0,299	0,645
3AH	0,355	0,283	2,868	0,027	0,162	0,153	1,967	1,169	0,058	0,669
4AH	0,271	0,171	1,468	0,014	0,280	0,321	1,811	0,598	0,255	1,068
5AH	0,923	0,241	1,114	0,011	0,749	0,399	3,540	0,454	0,441	1,419
6AH	0,353	0,461	1,804	0,017	0,382	0,198	0,501	0,735	0,220	0,628
7AH	0,562	0,412	1,956	0,019	0,863	0,473	3,840	0,797	0,671	1,644
8AH	0,294	0,168	0,834	0,008	0,450	0,350	1,759	0,340	0,137	1,345

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.34 - Apresentam-se os resultados do fator de enriquecimento. Calculado com os valores de referência da composição média dos sedimentos do planeta de acordo com Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979).

Metals Totals	EF Al- Sed	EF As- Sed	EF Cd- Sed	EF Pb- Sed	EF Cu- Sed	EF Cr- Sed	EF Mn- Sed	Hgtot- Sed	Nitot- Sed	Zntot- Sed
1AE	2,975	1,356	0,549	0,005	0,519	0,326	1,712	0,655	0,208	0,783
2AE	0,005	0,971	1,925	0,017	0,316	0,354	3,819	1,148	0,187	0,637
3AE	0,142	1,404	1,624	0,015	0,243	0,414	0,723	0,969	0,228	0,591
4AE	0,146	0,936	1,487	0,013	0,402	0,322	1,516	0,887	0,268	1,016
5AE	1,174	1,574	1,080	0,010	0,658	0,422	2,579	0,805	0,417	1,237
6AE	0,099	2,429	2,130	0,019	0,316	0,272	2,327	0,953	0,143	1,582
7AE	2,145	1,491	0,635	0,006	0,840	0,515	1,480	0,663	0,460	1,398
1AF	0,055	55,750	162,846	1,457	0,765	0,402	3,504	1,844	0,087	0,784
2AF	0,045	0,640	2,832	0,025	0,549	0,448	1,563	0,845	0,143	0,670
3AF	0,052	0,866	6,727	0,060	0,612	0,077	3,911	2,006	0,171	0,983
4AF	0,161	1,305	1,065	0,010	0,445	0,486	2,253	0,318	0,292	1,172
5AF	0,403	1,471	1,116	0,010	0,916	0,466	3,841	0,333	0,466	1,292
6AF	0,066	10,828	2,830	0,025	0,666	0,261	0,524	0,844	0,268	0,569
7AF	0,084	0,902	6,605	0,059	0,749	0,564	6,270	1,970	0,507	1,109
1aAF	0,053	0,756	5,508	0,049	0,832	0,063	1,686	1,643	0,092	0,651
1AG	0,558	0,240	1,255	0,011	0,211	0,163	0,855	1,123	0,105	0,349
2AG	0,564	0,255	1,334	0,012	0,525	0,541	1,767	1,990	0,324	0,812
3AG	0,052	0,708	5,494	0,049	0,283	0,161	3,093	1,638	0,190	1,106
4AG	0,068	2,296	1,002	0,009	0,175	0,635	1,246	0,299	0,121	0,636
5AG	0,694	0,474	1,065	0,010	0,576	0,409	3,238	1,271	0,403	1,338
6AG	0,068	0,483	1,591	0,014	0,258	0,424	0,246	0,712	0,137	0,593
7AG	0,424	0,559	1,761	0,016	0,544	0,423	3,234	1,051	0,410	1,812
8AG	0,316	0,202	0,673	0,006	0,217	0,260	0,585	0,765	0,055	0,562
1AH	0,110	0,638	4,951	0,044	0,334	0,279	1,683	1,476	0,108	0,741
2AH	1,017	0,162	0,661	0,006	0,613	0,315	1,167	0,197	0,334	0,696
3AH	0,169	0,408	3,171	0,028	0,163	0,163	1,855	0,946	0,065	0,722
4AH	0,252	0,247	1,623	0,015	0,283	0,342	1,708	0,484	0,285	1,152
5AH	1,133	0,347	1,231	0,011	0,756	0,426	3,338	0,367	0,493	1,531
6AH	0,268	0,665	1,994	0,018	0,385	0,212	0,473	0,595	0,246	0,678
7AH	0,393	0,594	2,163	0,019	0,871	0,506	3,621	0,645	0,749	1,774
8AH	0,482	0,242	0,922	0,008	0,454	0,374	1,658	0,275	0,153	1,451

O **índice de geoacumulação** (Igeo) foi originalmente definido por Muller (1979), a fim de determinar e definir contaminação de metais nos sedimentos, comparando concentrações atuais com níveis pré-industriais. Os valores de Igeo para os metais estudados foram calculados usando a expressão de Muller (1979):

$$I_{\text{geo}} = \log_2\left(\frac{C_n}{1.5B_n}\right)$$

Onde:

Cn é a concentração medida do elemento na amostra do sedimento;

Bn é a concentração do nível de base ou valor de referência geoquímico do metal "n", foram utilizados um a um os valores referenciais.

1,5 é introduzido na equação para minimizar os efeitos de possíveis variações nos valores níveis de base usados que podem ser atribuído a efeitos litogênicos.

Muller (1981) distinguiu sete classes de índice de geoacumulação em relação a extensão da poluição. Os dados da abundância da crosta apresentados por T Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979), foram utilizados como dados de nível de base, além dos SQGs, explicitados no item Valores de Referencias neste relatório. Os valores do índice de geoacumulação foram interpretados como relatados na tabela 4.3.35.

Tabela 4.3.35 – Sete classes do Igeo, distintos por Muller (1981) seu criador.

Classe Igeo	Igeo	Intensidade da poluição
> 5	6	Muito fortemente poluído
4 a 5	5	Forte a muito fortemente poluído
3 a 4	4	Fortemente poluído
2 a 3	3	Moderadamente fortemente poluído
1 a 2	2	Moderadamente poluído
0-1	1	Não poluído a moderadamente poluído
<0	0	Não poluído

Tabela 4.3.36 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem (na linha) para cada campanha amostral, utilizando como Bn na equação do Igeo, o TEC, que é um referencial utilizado considerado limiar para a vida selvagem na concepção de McDonald (2000) "Treshold Effect Contamination" para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEOAs-TEC	IGEO Pb-TEC	IGEO Cu-TEC	IGEO Cr-TEC	IGEO Fe-TEC	IGEO Mn-TEC	IGEO Hg-TEC	IGEO Ni-TEC	IGEO Zn-TEC
1AE	-1,131	-1,016	-2,126	-2,108	-0,188	0,296	-1,755	-2,314	-1,913
2AE	-3,424	-3,595	-4,651	-3,801	-1,997	-0,356	-2,755	-4,277	-4,019
3AE	-2,645	-5,104	-4,786	-3,329	-1,751	-2,512	-2,755	-3,741	-3,883
4AE	-3,104	-4,474	-3,930	-3,565	-1,624	-1,317	-2,755	-3,382	-2,975
5AE	-1,892	-4,486	-2,757	-2,713	-1,163	-0,088	-2,433	-2,285	-2,229
6AE	-2,245	-4,637	-4,794	-4,329	-2,142	-1,216	-3,170	-4,810	-2,854
7AE	-1,204	-1,238	-1,640	-1,660	-0,397	-0,124	-1,948	-1,375	-1,286
1AF	0,737	-4,327	-5,059	-5,302	-3,680	-2,164	-3,755	-7,069	-5,404
2AF	-4,581	-3,887	-4,409	-4,017	-2,554	-2,202	-3,755	-5,213	-4,505
3AF	-5,392	-3,758	-5,501	-7,810	-3,802	-2,127	-3,755	-6,207	-5,199
4AF	-2,142	-2,231	-3,301	-2,489	-1,143	-0,263	-3,755	-2,778	-2,286
5AF	-2,038	-1,515	-2,328	-2,619	-1,211	0,438	-3,755	-2,171	-2,214
6AF	-0,499	-3,627	-4,131	-4,798	-2,552	-3,778	-3,755	-4,309	-4,739
7AF	-5,308	-3,513	-5,184	-4,907	-3,775	-1,419	-3,755	-4,613	-4,999
1aAF	-5,300	-4,165	-4,769	-7,810	-3,513	-3,052	-3,755	-6,812	-5,506
1AG	-4,821	-4,671	-4,614	-4,306	-1,380	-1,899	-2,170	-4,486	-4,273
2AG	-4,821	-4,410	-3,390	-2,660	-1,468	-0,939	-1,433	-2,951	-3,141
3AG	-5,392	-5,504	-6,322	-6,447	-3,510	-2,173	-3,755	-5,761	-4,737
4AG	-1,239	-3,943	-4,556	-2,016	-1,054	-1,030	-3,755	-3,958	-3,079
5AG	-3,603	-3,935	-2,930	-2,739	-1,143	0,260	-1,755	-2,312	-2,096
6AG	-4,155	-4,456	-4,667	-3,265	-1,722	-4,035	-3,170	-4,449	-3,848
7AG	-4,092	-4,651	-3,737	-3,416	-1,868	-0,468	-2,755	-3,014	-2,383
8AG	-4,099	-3,187	-3,607	-2,660	-0,411	-1,476	-1,755	-4,449	-2,614
1AH	-5,392	-5,492	-5,932	-5,509	-3,359	-2,901	-3,755	-6,423	-5,164
2AH	-4,462	-4,939	-2,152	-2,428	-0,454	-0,524	-3,755	-1,896	-2,350
3AH	-5,392	-4,254	-6,322	-5,635	-2,717	-2,118	-3,755	-6,524	-4,560
4AH	-5,154	-4,317	-4,563	-3,602	-1,750	-1,271	-3,755	-3,421	-2,919
5AH	-4,260	-5,059	-2,747	-2,889	-1,352	0,095	-3,755	-2,231	-2,110
6AH	-4,020	-4,311	-4,415	-4,592	-2,048	-3,421	-3,755	-3,932	-3,981
7AH	-4,300	-7,189	-3,355	-3,454	-2,165	-0,601	-3,755	-2,439	-2,710
8AH	-4,364	-3,137	-3,064	-2,660	-0,934	-0,497	-3,755	-3,500	-1,769

Tabela 4.3.37 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem (na linha) para cada campanha amostral (na linha), utilizando como Bn na equação do Igeo, o LEL, que é um referencial utilizado considerado limiar para a vida selvagem na concepção de Persaud et al (1993),"Low Effect Level" para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEOAs-LEL	IGEO Cd-LEL	IGEO Pb-LEL	IGEO Cu-LEL	IGEO Cr-LEL	IGEO Fe-LEL	IGEO Mn-LEL	IGEO Hg-LEL	IGEO Ni-LEL	IGEO Zn-LEL
1AE	-0,424	-3,907	-0,800	-1,126	-1,369	-0,188	0,296	-1,907	-1,790	-1,913
2AE	-2,716	-3,907	-3,379	-3,651	-3,062	-1,997	-0,356	-2,907	-3,753	-4,019
3AE	-1,937	-3,907	-4,888	-3,786	-2,589	-1,751	-2,512	-2,907	-3,218	-3,883
4AE	-2,396	-3,907	-4,258	-2,930	-2,826	-1,624	-1,317	-2,907	-2,858	-2,975
5AE	-1,184	-3,907	-4,270	-1,757	-1,974	-1,163	-0,088	-2,585	-1,761	-2,229
6AE	-1,538	-3,907	-4,421	-3,794	-3,589	-2,142	-1,216	-3,322	-4,286	-2,854
7AE	-0,496	-3,907	-1,022	-0,640	-0,921	-0,397	-0,124	-2,100	-0,852	-1,286
1AF	1,445	0,812	-4,112	-4,059	-4,563	-3,680	-2,164	-3,907	-6,545	-5,404
2AF	-3,874	-3,907	-3,671	-3,409	-3,278	-2,554	-2,202	-3,907	-4,690	-4,505
3AF	-4,684	-3,907	-3,543	-4,501	-7,071	-3,802	-2,127	-3,907	-5,683	-5,199
4AF	-1,434	-3,907	-2,016	-2,301	-1,749	-1,143	-0,263	-3,907	-2,254	-2,286
5AF	-1,330	-3,907	-1,299	-1,328	-1,879	-1,211	0,438	-3,907	-1,648	-2,214
6AF	0,209	-3,907	-3,412	-3,131	-4,059	-2,552	-3,778	-3,907	-3,786	-4,739
7AF	-4,600	-3,907	-3,297	-4,184	-4,168	-3,775	-1,419	-3,907	-4,089	-4,999
1aAF	-4,593	-3,907	-3,949	-3,769	-7,071	-3,513	-3,052	-3,907	-6,289	-5,506
1AG	-4,113	-3,907	-4,455	-3,614	-3,567	-1,380	-1,899	-2,322	-3,962	-4,273
2AG	-4,113	-3,907	-4,194	-2,390	-1,921	-1,468	-0,939	-1,585	-2,428	-3,141
3AG	-4,684	-3,907	-5,288	-5,322	-5,708	-3,510	-2,173	-3,907	-5,238	-4,737
4AG	-0,531	-3,907	-3,728	-3,556	-1,276	-1,054	-1,030	-3,907	-3,434	-3,079
5AG	-2,895	-3,907	-3,719	-1,930	-2,000	-1,143	0,260	-1,907	-1,788	-2,096
6AG	-3,447	-3,907	-4,241	-3,667	-2,526	-1,722	-4,035	-3,322	-3,925	-3,848
7AG	-3,384	-3,907	-4,435	-2,737	-2,677	-1,868	-0,468	-2,907	-2,491	-2,383
8AG	-3,391	-3,837	-2,971	-2,607	-1,921	-0,411	-1,476	-1,907	-3,925	-2,614
1AH	-4,684	-3,907	-5,276	-4,932	-4,769	-3,359	-2,901	-3,907	-5,900	-5,164
2AH	-3,754	-3,907	-4,724	-1,152	-1,688	-0,454	-0,524	-3,907	-1,372	-2,350
3AH	-4,684	-3,907	-4,038	-5,322	-4,896	-2,717	-2,118	-3,907	-6,000	-4,560
4AH	-4,446	-3,907	-4,101	-3,563	-2,863	-1,750	-1,271	-3,907	-2,898	-2,919
5AH	-3,553	-3,907	-4,843	-1,747	-2,150	-1,352	0,095	-3,907	-1,707	-2,110
6AH	-3,312	-3,907	-4,096	-3,415	-3,852	-2,048	-3,421	-3,907	-3,409	-3,981
7AH	-3,593	-3,907	-6,974	-2,355	-2,715	-2,165	-0,601	-3,907	-1,916	-2,710
8AH	-3,656	-3,907	-2,921	-2,064	-1,921	-0,934	-0,497	-3,907	-2,976	-1,769

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.38 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem para cada campanha amostral, utilizando como Bn na equação do Igeo, o ERL, que é um referencial utilizado considerado limiar para a vida selvagem na concepção de NOAA (2012), "Effect Range Low" para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEOAs-ERL	IGEO Cd-ERL	IGEO Pb-ERL	IGEO Cu-ERL	IGEO Cr-ERL	IGEO Hg-ERL	IGEO Ni-ERL	IGEO Zn-ERL
1AE	-0,874	-4,907	-1,392	-2,213	-3,008	-1,492	1,146	-2,235
2AE	-3,166	-4,907	-3,970	-4,739	-4,701	-2,492	-0,817	-4,341
3AE	-2,388	-4,907	-5,480	-4,873	-4,229	-2,492	-0,281	-4,205
4AE	-2,847	-4,907	-4,849	-4,017	-4,465	-2,492	0,078	-3,297
5AE	-1,635	-4,907	-4,861	-2,845	-3,613	-2,170	1,175	-2,551
6AE	-1,988	-4,907	-5,013	-4,882	-5,229	-2,907	-1,350	-3,176
7AE	-0,947	-4,907	-1,613	-1,728	-2,560	-1,684	2,085	-1,608
1AF	0,994	-0,188	-4,703	-5,146	-6,202	-3,492	-3,609	-5,726
2AF	-4,324	-4,907	-4,262	-4,496	-4,918	-3,492	-1,753	-4,826
3AF	-5,135	-4,907	-4,134	-5,588	-8,711	-3,492	-2,747	-5,521
4AF	-1,885	-4,907	-2,607	-3,389	-3,389	-3,492	0,682	-2,608
5AF	-1,781	-4,907	-1,890	-2,415	-3,519	-3,492	1,289	-2,536
6AF	-0,242	-4,907	-4,003	-4,218	-5,698	-3,492	-0,849	-5,061
7AF	-5,051	-4,907	-3,888	-5,272	-5,807	-3,492	-1,153	-5,321
1aAF	-5,043	-4,907	-4,541	-4,857	-8,711	-3,492	-3,352	-5,828
1AG	-4,564	-4,907	-5,046	-4,702	-5,207	-1,907	-1,026	-4,595
2AG	-4,564	-4,907	-4,785	-3,477	-3,560	-1,170	0,509	-3,463
3AG	-5,135	-4,907	-5,879	-6,409	-7,348	-3,492	-2,301	-5,059
4AG	-0,981	-4,907	-4,319	-4,644	-2,916	-3,492	-0,498	-3,401
5AG	-3,346	-4,907	-4,311	-3,017	-3,639	-1,492	1,149	-2,418
6AG	-3,898	-4,907	-4,832	-4,754	-4,166	-2,907	-0,989	-4,170
7AG	-3,835	-4,907	-5,026	-3,824	-4,316	-2,492	0,446	-2,705
8AG	-3,842	-4,837	-3,562	-3,694	-3,560	-1,492	-0,989	-2,936
1AH	-5,135	-4,907	-5,867	-6,020	-6,409	-3,492	-2,963	-5,486
2AH	-4,205	-4,907	-5,315	-2,239	-3,328	-3,492	1,564	-2,672
3AH	-5,135	-4,907	-4,630	-6,409	-6,535	-3,492	-3,064	-4,882
4AH	-4,896	-4,907	-4,692	-4,651	-4,503	-3,492	0,039	-3,241
5AH	-4,003	-4,907	-5,434	-2,834	-3,789	-3,492	1,229	-2,432
6AH	-3,763	-4,907	-4,687	-4,503	-5,492	-3,492	-0,472	-4,303
7AH	-4,043	-4,907	-7,565	-3,443	-4,354	-3,492	1,021	-3,032
8AH	-4,107	-4,907	-3,512	-3,151	-3,560	-3,492	-0,040	-2,091

Tabela 4.3.39 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem (na linha) para cada campanha amostral, utilizando como Bn na equação do Igeo, o TEL, que é um referencial utilizado considerado limiar para a vida selvagem na concepção de CCME (2002), "Treshold Effect Contamination", para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEOAs-TEL	IGEO Cd-TEL	IGEO Pb-TEL	IGEO Cu-TEL	IGEO Cr-TEL	IGEO Hg-TEL	IGEO Ni-TEL	IGEO Zn-TEL
1AE	-0,695	-4,087	-0,763	-1,350	-2,377	-1,285	-1,781	-1,960
2AE	-2,987	-4,087	-3,341	-3,876	-4,070	-2,285	-3,744	-4,067
3AE	-2,208	-4,087	-4,851	-4,011	-3,598	-2,285	-3,209	-3,930
4AE	-2,667	-4,087	-4,220	-3,155	-3,834	-2,285	-2,849	-3,022
5AE	-1,455	-4,087	-4,232	-1,982	-2,982	-1,963	-1,752	-2,276
6AE	-1,809	-4,087	-4,384	-4,019	-4,598	-2,700	-4,277	-2,901
7AE	-0,767	-4,087	-0,984	-0,865	-1,929	-1,478	-0,843	-1,334
1AF	1,174	0,631	-4,074	-4,284	-5,571	-3,285	-6,536	-5,452
2AF	-4,145	-4,087	-3,634	-3,634	-4,287	-3,285	-4,681	-4,552
3AF	-4,956	-4,087	-3,505	-4,726	-8,080	-3,285	-5,674	-5,246
4AF	-1,705	-4,087	-1,978	-2,526	-2,758	-3,285	-2,245	-2,334
5AF	-1,601	-4,087	-1,261	-1,553	-2,888	-3,285	-1,639	-2,261
6AF	-0,062	-4,087	-3,374	-3,356	-5,067	-3,285	-3,777	-4,786
7AF	-4,871	-4,087	-3,260	-4,409	-5,176	-3,285	-4,080	-5,046
1aAF	-4,864	-4,087	-3,912	-3,994	-8,080	-3,285	-6,280	-5,554
1AG	-4,384	-4,087	-4,417	-3,839	-4,576	-1,700	-3,953	-4,320
2AG	-4,384	-4,087	-4,157	-2,615	-2,929	-0,963	-2,419	-3,189
3AG	-4,956	-4,087	-5,250	-5,547	-6,716	-3,285	-5,229	-4,784
4AG	-0,802	-4,087	-3,690	-3,781	-2,285	-3,285	-3,425	-3,126
5AG	-3,166	-4,087	-3,682	-2,155	-3,008	-1,285	-1,779	-2,143
6AG	-3,718	-4,087	-4,203	-3,892	-3,535	-2,700	-3,916	-3,895
7AG	-3,655	-4,087	-4,397	-2,962	-3,685	-2,285	-2,482	-2,431
8AG	-3,662	-4,017	-2,933	-2,832	-2,929	-1,285	-3,916	-2,661
1AH	-4,956	-4,087	-5,238	-5,157	-5,778	-3,285	-5,891	-5,211
2AH	-4,025	-4,087	-4,686	-1,377	-2,697	-3,285	-1,363	-2,398
3AH	-4,956	-4,087	-4,001	-5,547	-5,904	-3,285	-5,991	-4,607
4AH	-4,717	-4,087	-4,063	-3,788	-3,871	-3,285	-2,889	-2,966
5AH	-3,824	-4,087	-4,805	-1,972	-3,158	-3,285	-1,698	-2,157
6AH	-3,583	-4,087	-4,058	-3,640	-4,861	-3,285	-3,400	-4,028
7AH	-3,864	-4,087	-6,936	-2,580	-3,723	-3,285	-1,907	-2,758
8AH	-3,927	-4,087	-2,883	-2,289	-2,929	-3,285	-2,967	-1,817

Tabela 4.3.40 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem (na linha) para cada campanha amostral, utilizando como Bn na equação do Igeo, a abundancia média do elemento com "Background" na Crosta terrestre, que é um referencial utilizado na concepção de Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEOCrostaAl	IGEOCrostaAs	IGEOCrostaCd	IGEOCrostaPb	IGEOCrostaCu	IGEOCrostaCr	IGEOCrostaFe	IGEOCrostaMn	IGEOCrostaHg	IGEOCrostaNi	IGEOCrostaZn
1AE	-1,235	1,576	-1,459	0,346	-2,769	-3,312	-1,223	-0,751	0,093	-4,112	-1,235
2AE	-10,317	-0,716	-1,459	-2,232	-5,295	-5,005	-3,033	-1,403	-0,907	-6,075	-3,341
3AE	-5,621	0,063	-1,459	-3,742	-5,430	-4,533	-2,787	-3,558	-0,907	-5,540	-3,205
4AE	-5,586	-0,396	-1,459	-3,111	-4,573	-4,769	-2,660	-2,363	-0,907	-5,180	-2,297
5AE	-2,576	0,816	-1,459	-3,123	-3,401	-3,917	-2,199	-1,135	-0,585	-4,083	-1,551
6AE	-6,141	0,462	-1,459	-3,275	-5,438	-5,533	-3,178	-2,262	-1,322	-6,608	-2,176
7AE	-1,707	1,504	-1,459	0,125	-2,284	-2,864	-1,433	-1,171	-0,100	-3,174	-0,608
1AF	-6,991	3,445	3,259	-2,965	-5,703	-6,506	-4,716	-3,210	-1,907	-8,867	-4,726
2AF	-7,286	-1,874	-1,459	-2,524	-5,052	-5,222	-3,589	-3,248	-1,907	-7,012	-3,826
3AF	-7,071	-2,684	-1,459	-2,396	-6,145	-9,015	-4,838	-3,173	-1,907	-8,005	-4,521
4AF	-5,442	0,566	-1,459	-0,869	-3,945	-3,693	-2,178	-1,309	-1,907	-4,576	-1,608
5AF	-4,120	0,670	-1,459	-0,152	-2,972	-3,823	-2,246	-0,608	-1,907	-3,970	-1,536
6AF	-6,740	2,209	-1,459	-2,265	-4,775	-6,002	-3,588	-4,824	-1,907	-6,108	-4,061
7AF	-6,376	-2,600	-1,459	-2,150	-5,828	-6,111	-4,811	-2,466	-1,907	-6,411	-4,321
1aAF	-7,043	-2,593	-1,459	-2,803	-5,413	-9,015	-4,549	-4,098	-1,907	-8,611	-4,828
1AG	-3,650	-2,113	-1,459	-3,308	-5,258	-5,511	-2,416	-2,945	-0,322	-6,284	-3,595
2AG	-3,633	-2,113	-1,459	-3,047	-4,033	-3,864	-2,503	-1,985	0,415	-4,750	-2,463
3AG	-7,085	-2,684	-1,459	-4,141	-6,966	-7,652	-4,545	-3,219	-1,907	-7,560	-4,059
4AG	-6,687	1,469	-1,459	-2,581	-5,200	-3,220	-2,090	-2,076	-1,907	-5,756	-2,401
5AG	-3,334	-0,895	-1,459	-2,573	-3,573	-3,943	-2,179	-0,787	0,093	-4,110	-1,418
6AG	-6,678	-1,447	-1,459	-3,094	-5,310	-4,470	-2,757	-5,081	-1,322	-6,247	-3,170
7AG	-4,045	-1,384	-1,459	-3,288	-4,381	-4,620	-2,904	-1,514	-0,907	-4,813	-1,705
8AG	-4,468	-1,391	-1,389	-1,824	-4,251	-3,864	-1,447	-2,523	0,093	-6,247	-1,936
1AH	-5,996	-2,684	-1,459	-4,129	-6,576	-6,713	-4,395	-3,947	-1,907	-8,222	-4,486
2AH	-2,783	-1,754	-1,459	-3,577	-2,796	-3,632	-1,489	-1,570	-1,907	-3,694	-1,672
3AH	-5,371	-2,684	-1,459	-2,892	-6,966	-6,839	-3,752	-3,164	-1,907	-8,322	-3,882
4AH	-4,797	-2,446	-1,459	-2,954	-5,207	-4,807	-2,786	-2,317	-1,907	-5,220	-2,241
5AH	-2,628	-1,553	-1,459	-3,696	-3,391	-4,093	-2,387	-0,951	-1,907	-4,029	-1,432
6AH	-4,710	-1,312	-1,459	-2,949	-5,059	-5,796	-3,083	-4,468	-1,907	-5,731	-3,303
7AH	-4,157	-1,593	-1,459	-5,827	-3,999	-4,658	-3,200	-1,647	-1,907	-4,238	-2,032
8AH	-3,862	-1,656	-1,459	-1,774	-3,708	-3,864	-1,970	-1,543	-1,907	-5,298	-1,091

Tabela 4.3.41 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem (na linha) para cada campanha amostral (na linha), utilizando como Bn na equação do Igeo, a abundancia média nos sedimentos do planeta, que é um referencial utilizado considerado na concepção de Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEO-SED-Al	IGEO-SED-As	IGEO-SED-Cd	IGEO-SED-Pb	IGEO-SED-Cu	IGEO-SED-Cr	IGEO-SED-Fe	IGEO-SED-Mn	IGEO-SED-Hg	IGEO-SED-Ni	IGEO-SED-Zn
1AE	-1,048	-0,784	-2,087	-0,094	-2,170	-2,838	-1,223	-0,447	-1,833	-3,490	-1,576
2AE	-10,130	-3,076	-2,087	-2,673	-4,696	-4,531	-3,033	-1,100	-2,833	-5,454	-3,682
3AE	-5,433	-2,297	-2,087	-4,182	-4,830	-4,059	-2,787	-3,255	-2,833	-4,918	-3,546
4AE	-5,399	-2,756	-2,087	-3,552	-3,974	-4,295	-2,660	-2,060	-2,833	-4,559	-2,638
5AE	-2,389	-1,544	-2,087	-3,564	-2,802	-3,443	-2,199	-0,832	-2,511	-3,462	-1,892
6AE	-5,953	-1,898	-2,087	-3,715	-4,839	-5,059	-3,178	-1,959	-3,248	-5,987	-2,517
7AE	-1,520	-0,856	-2,087	-0,316	-1,684	-2,390	-1,433	-0,868	-2,026	-2,552	-0,949
1AF	-6,803	1,085	2,631	-3,405	-5,103	-6,032	-4,716	-2,907	-3,833	-8,246	-5,067
2AF	-7,099	-4,234	-2,087	-2,965	-4,453	-4,748	-3,589	-2,945	-3,833	-6,390	-4,167
3AF	-6,883	-5,044	-2,087	-2,837	-5,545	-8,541	-4,838	-2,870	-3,833	-7,384	-4,862
4AF	-5,255	-1,794	-2,087	-1,309	-3,345	-3,219	-2,178	-1,006	-3,833	-3,955	-1,949
5AF	-3,932	-1,690	-2,087	-0,593	-2,372	-3,349	-2,246	-0,305	-3,833	-3,348	-1,877
6AF	-6,552	-0,151	-2,087	-2,705	-4,175	-5,528	-3,588	-4,521	-3,833	-5,486	-4,402
7AF	-6,188	-4,960	-2,087	-2,591	-5,229	-5,637	-4,811	-2,162	-3,833	-5,790	-4,662
1aAF	-6,855	-4,953	-2,087	-3,243	-4,814	-8,541	-4,549	-3,795	-3,833	-7,989	-5,169
1AG	-3,462	-4,473	-2,087	-3,749	-4,659	-5,037	-2,416	-2,642	-2,248	-5,662	-3,936
2AG	-3,446	-4,473	-2,087	-3,488	-3,434	-3,390	-2,503	-1,682	-1,511	-4,128	-2,804
3AG	-6,897	-5,044	-2,087	-4,582	-6,366	-7,178	-4,545	-2,916	-3,833	-6,938	-4,400
4AG	-6,499	-0,891	-2,087	-3,021	-4,601	-2,746	-2,090	-1,773	-3,833	-5,135	-2,742
5AG	-3,147	-3,255	-2,087	-3,013	-2,974	-3,469	-2,179	-0,484	-1,833	-3,488	-1,759
6AG	-6,491	-3,807	-2,087	-3,534	-4,711	-3,996	-2,757	-4,778	-3,248	-5,625	-3,511
7AG	-3,858	-3,744	-2,087	-3,729	-3,781	-4,146	-2,904	-1,211	-2,833	-4,191	-2,046
8AG	-4,280	-3,751	-2,017	-2,265	-3,651	-3,390	-1,447	-2,219	-1,833	-5,625	-2,277
1AH	-5,809	-5,044	-2,087	-4,570	-5,977	-6,239	-4,395	-3,644	-3,833	-7,600	-4,827
2AH	-2,596	-4,114	-2,087	-4,017	-2,196	-3,158	-1,489	-1,267	-3,833	-3,073	-2,013
3AH	-5,183	-5,044	-2,087	-3,332	-6,366	-6,365	-3,752	-2,861	-3,833	-7,700	-4,223
4AH	-4,609	-4,806	-2,087	-3,395	-4,608	-4,333	-2,786	-2,014	-3,833	-4,598	-2,582
5AH	-2,440	-3,913	-2,087	-4,137	-2,791	-3,619	-2,387	-0,648	-3,833	-3,408	-1,773
6AH	-4,522	-3,672	-2,087	-3,389	-4,459	-5,322	-3,083	-4,165	-3,833	-5,109	-3,644
7AH	-3,970	-3,953	-2,087	-6,267	-3,400	-4,184	-3,200	-1,344	-3,833	-3,616	-2,373
8AH	-3,674	-4,016	-2,087	-2,215	-3,108	-3,390	-1,970	-1,240	-3,833	-4,677	-1,432

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.42 - Índice de geoacumulação calculado para cada local de amostragem (na linha) para cada campanha amostral, utilizando como Bn na equação do Igeo, a abundancia média dos elementos químicos no planeta considerando o Clarke, que é um referencial utilizado considerado na concepção de Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) para o elemento químico considerado.

Metais Totais	IGEO-ClarkeAl	IGEo-ClarkeAs	IGEO-ClarkeCd	IGEO-ClarkePb	IGEO-ClarkeCu	IGEO-ClarkeCr	IGEO-ClarkeFe	IGEO-ClarkeMn	IGEO-clarkeHg	IGEO-ClarkeNi	IGEO-ClarkeZn
1AE	-1,263	1,313	-2,000	0,453	-3,213	-3,599	0,699	-0,909	-0,689	-4,419	-1,254
2AE	-10,345	-0,979	-2,000	-2,125	-5,739	-5,292	-0,994	-1,561	-1,689	-6,382	-3,360
3AE	-5,648	-0,200	-2,000	-3,635	-5,873	-4,820	-0,521	-3,716	-1,689	-5,847	-3,224
4AE	-5,614	-0,659	-2,000	-3,004	-5,017	-5,056	-0,758	-2,521	-1,689	-5,487	-2,316
5AE	-2,604	0,553	-2,000	-3,016	-3,845	-4,204	0,095	-1,293	-1,367	-4,391	-1,570
6AE	-6,169	0,199	-2,000	-3,168	-5,882	-5,820	-1,521	-2,420	-2,104	-6,916	-2,195
7AE	-1,735	1,241	-2,000	0,232	-2,728	-3,151	1,147	-1,329	-0,882	-3,481	-0,627
1AF	-7,019	3,182	2,719	-2,858	-6,146	-6,793	-2,495	-3,368	-2,689	-9,174	-4,745
2AF	-7,314	-2,137	-2,000	-2,418	-5,496	-5,509	-1,210	-3,406	-2,689	-7,319	-3,846
3AF	-7,099	-2,948	-2,000	-2,289	-6,588	-9,302	-5,003	-3,331	-2,689	-8,313	-4,540
4AF	-5,470	0,303	-2,000	-0,762	-4,389	-3,980	0,319	-1,467	-2,689	-4,884	-1,627
5AF	-4,148	0,407	-2,000	-0,045	-3,415	-4,110	0,189	-0,766	-2,689	-4,277	-1,555
6AF	-6,768	1,946	-2,000	-2,158	-5,218	-6,289	-1,991	-4,982	-2,689	-6,415	-4,080
7AF	-6,404	-2,863	-2,000	-2,044	-6,272	-6,398	-2,100	-2,624	-2,689	-6,719	-4,340
1aAF	-7,070	-2,856	-2,000	-2,696	-5,857	-9,302	-5,003	-4,256	-2,689	-8,918	-4,847
1AG	-3,678	-2,376	-2,000	-3,201	-5,702	-5,798	-1,499	-3,103	-1,104	-6,591	-3,614
2AG	-3,661	-2,376	-2,000	-2,941	-4,477	-4,151	0,147	-2,143	-0,367	-5,057	-2,482
3AG	-7,113	-2,948	-2,000	-4,034	-7,409	-7,938	-3,640	-3,377	-2,689	-7,867	-4,078
4AG	-6,715	1,206	-2,000	-2,474	-5,644	-3,507	0,792	-2,234	-2,689	-6,064	-2,420
5AG	-3,362	-1,158	-2,000	-2,466	-4,017	-4,230	0,068	-0,945	-0,689	-4,417	-1,437
6AG	-6,706	-1,710	-2,000	-2,987	-5,754	-4,757	-0,458	-5,239	-2,104	-6,554	-3,189
7AG	-4,073	-1,647	-2,000	-3,181	-4,824	-4,907	-0,608	-1,672	-1,689	-5,120	-1,724
8AG	-4,496	-1,654	-1,930	-1,717	-4,694	-4,151	0,147	-2,681	-0,689	-6,554	-1,955
1AH	-6,024	-2,948	-2,000	-4,022	-7,020	-7,000	-2,701	-4,105	-2,689	-8,529	-4,505
2AH	-2,811	-2,017	-2,000	-3,470	-3,239	-3,919	0,380	-1,728	-2,689	-4,002	-1,691
3AH	-5,399	-2,948	-2,000	-2,785	-7,409	-7,126	-2,828	-3,322	-2,689	-8,629	-3,901
4AH	-4,825	-2,709	-2,000	-2,847	-5,651	-5,093	-0,795	-2,475	-2,689	-5,527	-2,260
5AH	-2,656	-1,816	-2,000	-3,589	-3,834	-4,380	-0,081	-1,109	-2,689	-4,337	-1,451
6AH	-4,737	-1,575	-2,000	-2,842	-5,503	-6,083	-1,784	-4,626	-2,689	-6,038	-3,322
7AH	-4,185	-1,856	-2,000	-5,720	-4,443	-4,945	-0,647	-1,805	-2,689	-4,545	-2,052
8AH	-3,890	-1,919	-2,000	-1,667	-4,151	-4,151	0,147	-1,701	-2,689	-5,606	-1,110

O **Índice de carga de poluição** (PLI) foi proposto por Tomlinson et al. (1980) para detectar poluição permite uma comparação dos níveis de poluição entre os locais e em momentos diferentes. O PLI foi obtido como um Fator de concentração de cada metal pesado com respeito para o valor de fundo no sedimento. Neste estudo, as concentrações médias mundiais dos metais estudados relatado por (Turekian e Wedephol 1961), para as taxas médias de crosta terrestre e as taxas medias dos sedimentos do Planeta além do Clarke. De acordo com angula (1996), o PLI é capaz de dar uma estimar do estado de contaminação do metal e ação necessária que deve ser tomada. Um valor PLI de ≥100 indica uma intervenção imediata para melhorar a poluição; um valor PLI de ≥50 indica a necessidade de um estudo mais detalhado para monitorar o local, enquanto um valor de <50 indica que a não são necessárias medidas drásticas para a recuperação do sistema. As fórmulas aplicadas são como segue:

O índice de poluição do metal (MPI) foi utilizado para avaliar o metal total carga em cada local usando a equação conforme relatado por Usero et al. (1997):

$$\mathrm{PLI} = \sqrt[n]{\mathrm{CF}_1 \times \mathrm{CF}_2 \times \ldots \times \mathrm{CF}_n}$$

Onde:

$$\mathrm{CF}_{\mathrm{metal}} = \frac{C_{\mathrm{metal}}}{C_{\mathrm{background}}}$$

E onde:

CF = fator de contaminação;
n = número de metais medidos nos sedimentos da BHAC;
$C_{\mathbf{metal}}$ = concentração de metal no sedimento amostra dos sedimentos da BHAC;
$C_{\mathbf{background}}$ = valor de nível de base ou de referência desse metal, utilizado nas diversas estratégias para os sedimentos da BHAC.

Tabela 4.3.43 - Indice de carga de Poluição (PLI) calculado para os sedimentos do Arroio Candiota. Aqui o $C_{background}$ é o valor TEC (Treshold Effect Contamination),PEC (Probable Effect Contaminantion), LEL (Low Effect Level), SEL (severe Effect Level), ERL (Effcet Range Low), ERM(Effect Range Median)TEL(Treshold Effects Levels), PEL(Probable Effect Contamination) Background na Crosta terrestre, Media nos Sedimentos Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) e Clarke aplicados a campanha amostral AE novembro de 2016.

Metais Totais	PLI-TEC	PLI-PEC	PLI-LEL	PLI-SEL	PLI-ERL	PLI-ERLM	PLI-TEL	PLI-PEL	PLI-CROSTA	PLI-SED	PLI-CLARKE
1AE	0,42	0,14	0,60	0,11	0,97	0,73	0,43	0,78	0,62	0,50	0,50
2AE	0,12	0,04	0,19	0,03	0,82	0,62	0,13	0,66	0,12	0,10	0,10
3AE	0,11	0,04	0,17	0,03	0,85	0,63	0,13	0,66	0,15	0,12	0,12
4AE	0,14	0,05	0,22	0,04	0,86	0,65	0,16	0,68	0,18	0,15	0,15
5AE	0,23	0,08	0,35	0,06	0,94	0,69	0,25	0,73	0,35	0,28	0,28
6AE	0,10	0,04	0,17	0,03	0,81	0,63	0,12	0,67	0,15	0,12	0,12
7AE	0,48	0,15	0,66	0,12	1,02	0,76	0,52	0,80	0,65	0,52	0,53

Tabela 4.3.44 - Indice de carga de Poluição (PLI) calculado para os sedimentos do Arroio Candiota. Aqui o $C_{background}$ é o valor TEC (Treshold Effect Contamination), PEC (Probable Effect Contaminantion), LEL (Low Effect Level), SEL (severe Effect Level), ERL (Effcet Range Low), ERM(Effect Range Median)TEL(Treshold Effects Levels), PEL(Probable Effect Contamination) Background na Crosta terrestre, Media nos Sedimentos Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) e Clarke, aplicados a campanha amostral AF janeiro de 2017.

Metais Totais	PLI-TEC	PLI-PEC	PLI-LEL	PLI-SEL	PLI-ERL	PLI-ERLM	PLI-TEL	PLI-PEL	PLI-CROSTA	PLI-SED	PLI-CLARKE
1AF	0,09	0,04	0,16	0,03	0,94	0,72	0,14	0,78	0,13	0,10	0,10
2AF	0,08	0,03	0,12	0,02	0,77	0,59	0,09	0,63	0,10	0,08	0,08
3AF	0,03	0,02	0,07	0,01	0,72	0,57	0,05	0,60	0,06	0,05	0,05
4AF	0,23	0,08	0,34	0,06	0,91	0,68	0,24	0,72	0,28	0,23	0,23
5AF	0,28	0,10	0,42	0,07	0,95	0,70	0,30	0,75	0,37	0,30	0,30
6AF	0,09	0,03	0,15	0,03	0,87	0,65	0,13	0,70	0,12	0,10	0,10
7AF	0,06	0,02	0,11	0,02	0,78	0,59	0,08	0,62	0,09	0,07	0,07
1aAF	0,03	0,01	0,06	0,01	0,71	0,56	0,05	0,59	0,06	0,04	0,05

Tabela 4.3.45 - Indice de carga de Poluição (PLI) calculado para os sedimentos do Arroio Candiota. Aqui o $\mathbf{C_{background}}$ é o valor TEC (Treshold Effect Contamination), PEC (Probable Effect Contaminantion), LEL (Low Effect Level), SEL (severe Effect Level), ERL (Effcet Range Low), ERM(Effect Range Median)TEL(Treshold Effects Levels), PEL(Probable Effect Contamination) Background na Crosta terrestre, Media nos Sedimentos Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) e Clarke, aplicados a campanha amostral AG abril de 2017.

Metais Totais	PLI-TEC	PLI-PEC	PLI-LEL	PLI-SEL	PLI-ERL	PLI-ERLM	PLI-TEL	PLI-PEL	PLI-CROSTA	PLI-SED	PLI-CLARKE
1AG	0,09	0,03	0,15	0,03	0,81	0,62	0,10	0,65	0,15	0,12	0,12
2AG	0,16	0,06	0,25	0,04	0,90	0,68	0,18	0,70	0,23	0,19	0,19
3AG	0,04	0,02	0,07	0,01	0,73	0,56	0,05	0,59	0,06	0,05	0,05
4AG	0,18	0,06	0,26	0,05	0,86	0,66	0,18	0,70	0,20	0,16	0,16
5AG	0,23	0,08	0,35	0,06	0,94	0,70	0,24	0,73	0,33	0,26	0,27
6AG	0,09	0,03	0,14	0,02	0,80	0,61	0,11	0,65	0,11	0,09	0,09
7AG	0,14	0,05	0,23	0,04	0,88	0,66	0,16	0,69	0,21	0,17	0,17
8AG	0,18	0,06	0,26	0,05	0,84	0,66	0,18	0,70	0,24	0,19	0,19

Tabela 4.3.46 - Indice de carga de Poluição (PLI) calculado para os sedimentos do Arroio Candiota. Aqui o $\mathbf{C_{background}}$ é o valor TEC (Treshold Effect Contamination),PEC (Probable Effect Contaminantion), LEL (Low Effect Level), SEL (severe Effect Level), ERL (Effcet Range Low), ERM(Effect Range Median)TEL(Treshold Effects Levels), PEL(Probable Effect Contamination) Aqui o $\mathbf{C_{background}}$ é o Background na Crosta terrestre, Media nos Sedimentos Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979) e Clarke aplicados a campanha amostral AH julho de 2017.

Metais Totais	PLI-TEC	PLI-PEC	PLI-LEL	PLI-SEL	PLI-ERL	PLI-ERLM	PLI-TEL	PLI-PEL	PLI-CROSTA	PLI-SED	PLI-CLARKE
1AH	0,04	0,02	0,07	0,01	0,71	0,55	0,05	0,58	0,06	0,05	0,05
2AH	0,20	0,07	0,29	0,05	0,95	0,69	0,19	0,72	0,29	0,23	0,23
3AH	0,04	0,02	0,08	0,01	0,72	0,57	0,05	0,60	0,08	0,06	0,06
4AH	0,10	0,04	0,17	0,03	0,85	0,63	0,11	0,66	0,15	0,12	0,12
5AH	0,17	0,06	0,26	0,05	0,93	0,68	0,17	0,71	0,26	0,21	0,21
6AH	0,08	0,03	0,13	0,02	0,82	0,61	0,10	0,64	0,12	0,10	0,10
7AH	0,11	0,04	0,18	0,03	0,91	0,65	0,12	0,69	0,17	0,13	0,14
8AH	0,18	0,06	0,27	0,05	0,87	0,67	0,18	0,71	0,25	0,20	0,21

Linhas de Evidências

O Sedimento é uma parte importante de um ecossistema aquático, por isso é essencial aplicar uma ferramenta de análise da qualidade do sedimento eficaz na sua avaliação. Este estudo teve como objetivo utilizar os sedimentos como verdadeiros sentinelas na vigilância ambiental na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC), em Candiota RS, em especial sua calha fluvial.

Foi utilizado para isto a abordagem do peso da evidência em combinação com a utilização dos Benchmarks para sedimentos utilizados no mundo inteiro, além de índices que usam os "backgrounds" da crosta e dos sedimentos do Planeta, elevando ao máximo a possibilidade do rastreamento de nossos dados. Além disso utilizou-se para isto a *Tríade dos Sedimentos* em que cada uma das três linhas de evidencias são avaliadas e devidamente pesadas. Representando um método integrativo importante nesta análise.

Esta ferramenta pode analisar os resultados de **análises químicas**, da **toxicidade de medidas em testes de laboratório** e a **estrutura da comunidade bentônica**, análises para gerar resultados individuais de cada linha de evidência, e integrar os dados dessas três linhas de evidência para obter uma avaliação geral. A ferramenta pode comparar o estado e sua magnitude relativa da contaminação entre os locais de estudo e avaliar cada local com alto, moderado ou baixo risco ecológico, guiando-nos, assim, a tomar as medidas pertinentes para com os sedimentos contaminados e ou poluídos.

Com este método estabelece-se não somente a integração dos dados gerados, mas também a interdisciplinaridade da equipe de pesquisa. Uma vez que no mínimo 3 profissionais, obrigatoriamente, precisam debater tais dados.

Sedimento é uma parte importante de um ecossistema aquático, proporcionando um habitat e fonte de alimento para a fauna e a flora.

Desta forma a contaminação dos sedimentos deveria tornar-se um dos principais focos de normas ambientais, no Brasil, como acontece nos países desenvolvidos, mas não é isto que acontece. A legislação brasileira normatiza somente os sedimentos dragados com vista a sua disposição posterior. Reconhece-se à sua complexidade, já que muitas vezes não é fácil fazer uma avaliação precisa dos riscos apresentados por contaminantes contidos em sedimentos (Apitz et al, 2005; Burgess et al, 2013). Portanto, é crucial desenvolver uma abordagem eficaz para a avaliação da qualidade do sedimento, em especial na BHAC que se apresenta como uma bacia multiusos e com grandes pressões hoje e com serias tendências a aumentar no futuro próximo.

No peso das evidências, medidas de aproximação, integra métricas de diferentes linhas de evidência para realizar uma abrangente avaliação da qualidade dos sedimentos.

A linha de evidencia básicas utilizadas aqui serão as análises químicas (LOE química), a toxicidade de sedimentos, baseado em testes de laboratório (LOE toxicológica) e análises da estrutura da comunidade bentônica (LOE ecológica).

Introdução a Tríade dos Sedimentos do ACt.

Qualquer análise que se faça que estabeleça alguma decisão deve necessariamente ser de multicritérios e, portanto, apresenta-se como um primeiro compromisso de avaliação da qualidade do sedimento desenvolvida utilizando a abordagem baseada nas três linhas de evidencias já citadas (análises químicas, ensaios de toxicidade de sedimentos e análise da estrutura da comunidade bentônica, nesta fase de estudo. Cada linha de evidencia contém várias métricas e, finalmente, as métricas são integradas em um sistema de avaliação. Esta avaliação envolve várias etapas:

-Seleção de métricas;

-Identificação de alternativas;

-Medição de desempenho das alternativas (incluindo atribuir peso e integrar as informações das métricas selecionadas), e

-Sintetizar informações para determinar o risco ou a degradação provável (impacto).

Avaliação da Qualidade dos Sedimentos

A avaliação da qualidade de sedimentos num local específico requer a seleção de um conjunto adequado de medições químicas, toxicológicas e ecológica, para avaliação o peso das evidencias (do Inglês WOE).

De acordo com Fairey et al. (2001), de forma eficaz representando modos toxicológicos de ação pode ser mais importante a precisão da previsão do que simplesmente incluindo substâncias químicas tóxicas adicionais, assim métricas na avaliação devem ser limitadas e representativas.

Para as métricas químicas, dois aspectos foram considerados na seleção destas métricas:

- Significado ecológico e;

- Perfil de concentração biodisponível.

Mas, considerando a dificuldade na obtenção de concentrações biodisponíveis, as concentrações totais foram utilizadas na avaliação dos sedimentos da BHAC.

Os produtos químicos que são tóxicos para os organismos aquáticos, representam contaminação antropogênica SQGs (diretrizes de qualidade do sedimento) estes foram selecionados como métricas (Fairey et al., 2001). Além disso, os produtos químicos que têm grandes diferenças de

concentração entre os locais podem ser selecionados usando ferramentas estatísticas, tais como análise de componentes principais (PCA), o que foi aplicado neste relatório.

Para métricas toxicológicas, a seleção depende de quais os testes de toxicidade foram realizados para os sedimentos. As métricas de toxicidade devem, idealmente, dos testes crônicos, com boa qualidade e precisão inerente. O que foi executado, vide capitulo da toxicidade dos sedimentos, neste relatório.

Para métricas ecológicas, os procedimentos utilizados para selecionar foram os seguintes:

-Classificar as métricas em diferentes grupos funcionais, tais como taxonômica riqueza, tolerância e trófica;

-Comparar a distribuição dos valores de métrica e eliminar métricas que têm distâncias muito pequenas ou que têm valores semelhantes na maioria dos locais;

-Escolher de cada categoria métrica aquelas que respondem de forma rápida e adequada à situação;

-Verificar se há redundância de métrica na realização de análise de correlação de Pearson para todas as métricas ecológicas que ainda são retidas nesta etapa, e

-Manter a métrica que mais responde de forma rápida e adequada à situação entre aqueles com coeficientes de correlação.

Cada local de amostragem que participou da avaliação constitui-se numa alternativa básica desta avaliação. Para demonstrar a classificação ecológica das estações de amostragem, duas alternativas artificiais estão incluídas, nomeadamente o melhor local, que serve como o limite entre qualidade ambiental relativa o pior, o moderado e o melhor local que divide os riscos

ambientais elevados. Isto está diretamente associado ao local de referência, estação amostral 1, e o local que apresenta a maior degradação já que a frente mineira (carvão) avança em suas cercanias, estação 6.

Cada local foi intensivamente avaliado, avaliação esta que se torna o fator mais importante desta análise, uma vez que até a vegetação ciliar é considerada o habitat tem sido avaliado integrando estas informações as métricas selecionadas.

Estas concepções foram aplicadas seguindo como estratégia, ao longo do biomonitoramento apesar das variações obtidas. E as linhas de evidencias químicas apesar de variarem seus limites, veja os coeficientes de variação e variância dos dados, sempre foram comparadas com dois valores estabelecidos com base em ensaios ecotoxicológicos, as concepções dos SQGs para cada elemento químico preocupante. O primeiro destes valores é o considerado ”treshold”, a partir deste valor, aparecem efeitos na biota. O segundo valor é tido como um limite a partir do qual a letalidade é esperada, na figura 4.3.15 apresenta-se uma generalização destes dois (TE) e (PE) valores estabelecidos por cada uma das concepções utilizadas.

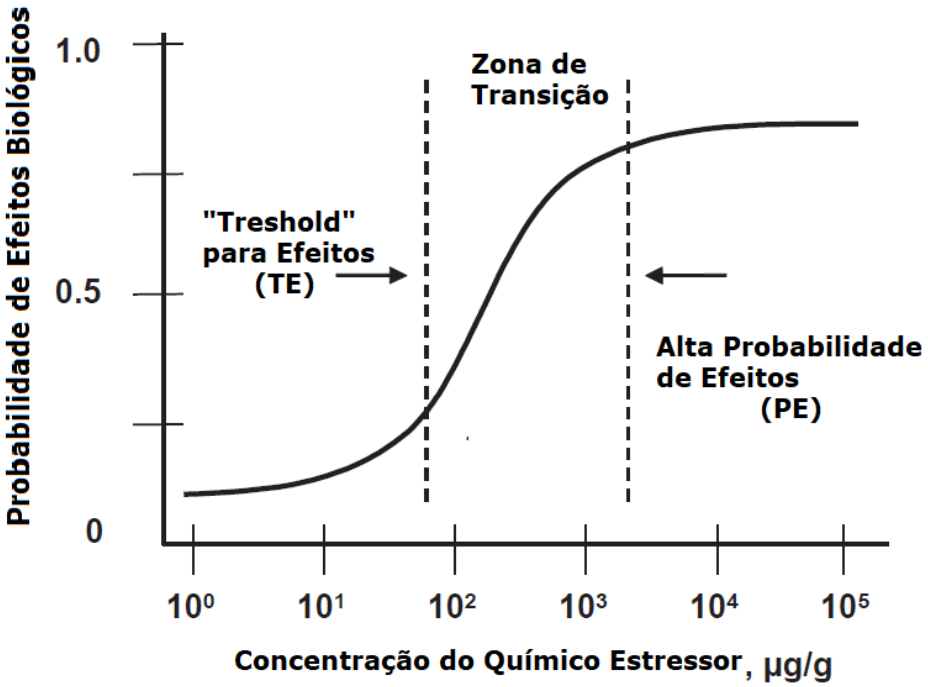


Figura 4.3.15 - Relação concentração-resposta generalizada para sedimentos contaminados. O ponto TE significa a posição dos tresholds, e a posição dos valores PE significa a posição de letalidade. Modificado de Batley e Simpson (2009).

As Concepções Utilizadas Para o Valor de Referência (SQGs)

Foram as seguintes concepções usadas neste documento:

Método NOAA –Também referido como método do peso da evidência -ERL e ERM- Os valores para uma gama de efeitos baixos (**ERL-Effect Range Low**) e uma mediana da faixa de efeitos (**ERM-Effect Range Median**) são derivados aritmeticamente de um banco de dados composto por dados de efeitos químicos e biológicos correspondentes, incluindo dados de campo e bioensaios laboratoriais, e modelos EqP (Long e Morgan, 1990).

Concentração de nível de seleção (SLC) **LEL-(Low Effect Level)** e **SEL-(Severe Effect Low)-** O SLC é uma estimativa da maior concentração de um contaminante que pode ser tolerado por uma proporção específica de uma espécie bentônica. Somente a presença ou ausência de uma espécie é avaliada (Persaud 1993).

Método Florida -Também referido como o método modificado de peso de evidencia ou da prova) – **TEL-(Treshold Effect Low)** e **PEL(Probable Effect Level)** Semelhante ao método NOAA, exceto para inclusão do conjunto de dados "sem efeitos" e uso de uma média geométrica em vez de uma média aritmética para definir os níveis de efeitos (MacDonald 1994).

Método do Consenso – **TEC(Threshold Effects Concentration)** e **PEC(Probable Effects Concentration)** -Os SQGs disponíveis que atendem a intenção narrativa e outros critérios são incluídos e média por meio geométrico, resultando em SQGs compostos (MacDonald 2000).

Alem destes métodos (SQGs,valores de referencias) foram também utilizados os **níveis de base** ou os "**Background**" " Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979). para:

- Crosta Terrestre (ambientes endógenos), ou ainda Litogênicos;

- As médias das concentrações nos sedimentos (ambientes exógenos), - Fator Clarke (prospecção dos sedimentos).

- O xisto médio só foi utilizado no Fator de Enriquecimento.

Todos estes referenciais foram aplicados utilizando uma razão (fração) composta por;

- No numerador o valor da concentração do elemento obtidos por analises laboratorial nas amostras tomadas na calha fluvial do Arroio Candiota;

- No denominador, foram utilizados de maneira individual cada um dos referenciais numéricos anteriormente citados como, "concepções" SQGs e "Background" Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979). Então o denominador ($\mathbf{C_{background}}$) destas concentrações são os *valores referenciais*. E esta razão irá ser alterada na medida em que se altera o $\mathbf{C_{background}}$.

$$CF_{metal} = \frac{C_{metal}}{C_{background}}$$

Onde:
CF é o coeficiente de contaminação
Cmetal é a concentração do metal estudado;
$C_{background}$ é o valore referencial a ser utilizado.

Buscou-se, com esta diversidade de concepções, assim a rastreabilidade com outros estudos, devido principalmente a ausência de critérios numéricos estabelecidos pela legislação Brasileira para a proteção da vida selvagem tendo os elementos químicos presentes nos sedimentos fluviais como a especial atenção.

O termo geral mais utilizado para os métodos de avaliação de sedimentos que resultam em orientação numérica é o Guia de Qualidade de Sedimento, ou SQGs.

O espectro de sofisticação dos SQGs desenvolvidos pelos estados, províncias e agências federais mais especificamente de EUA e Canada.

A discussão neste estudo fornece uma boa variedade de subsídios para que os gestores, e tomadores de decisão do estado ambiental da calha fluvial e da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota a quem dirige-se este estudo.

Este relato técnico, que aborda principalmente as opções disponíveis para avaliar se os sedimentos são considerados contaminado ou não.

Os métodos disponíveis para esse fim são quase que exclusivamente conduzidos para a proteção do ambiente selvagem e a avaliação da ameaça para os organismos do nível superior do nível trófico ou a saúde humana, indiretamente quando se discute a contaminação com base nos SQGs, geralmente está implícito quando há o risco de influência na vida, para algum dos compartimentos de organismos.

Isso é considerado um primeiro passo apropriado; no entanto, deve perceber-se que há uma série de outras considerações que poderiam ser implementadas em um desenvolvimento de programa para gestão de sedimentos. Existem vários bons exemplos de estruturas em camadas ou de peso-evidência para lidar com sedimentos, uma vez que o rastreio inicial indica um problema. Estes serão mencionados apenas brevemente.

O escopo deste documento está limitado a uma pesquisa de informações obtidas no monitoramento ambiental da B.H.A.C. dentro do plano aprovado pelo IBAMA e pela CGTEE, contratado junto a Fundação Luiz Englert para a sua execução .

Não é intenção deste relato fornecer informações técnicas detalhadas sobre um único tópico, além de descrever os métodos que foram usados pelas agências governamentais dos países de origem para a obtenção dos SQGs. Mesmo as listas, completas, de critérios numéricos associados aos vários métodos de diretrizes de qualidade de sedimento não foram incluídas neste documento. Esta informação está, no entanto, prontamente disponível nas referências na literatura técnica existente e aqui referenciadas.

As referências dos métodos incluem de onde qualquer lista associada a critérios numéricos ou de “background” podem ser encontradas. Para isso, e quaisquer outras questões técnicas, o leitor e ou tomador de decisões pode se reportar aos documentos referenciados, todos os quais foram fornecidos na sua totalidade. Não há como se um documento de pesquisa como este possa fazer justiça aos vários tópicos de sedimentos contaminados da maneira que os autores originais dos estudos originais podem.

Além disso o cálculo de cada Coeficiente de Contaminação (CF) para cada elemento químico considerado, metal ou não (CF), foram calculados individualmente para cada elemento do estudo, para cada local amostral e para cada campanha amostral. Estes resultados foram amplamente apresentados nos relatórios parciais. Lembrando as campanhas de

amostragem (AE-novembro de 2016), AF (janeiro de 2017). AG (abril de 2017), e AH (julho de 2017).

Quocientes Médios de Contaminação (QMC)

Os VGQSs (Valores Guias da Qualidade dos Sedimentos) foram apresentados detalhadamente anteriormente, nos relatórios parciais em que foram construídas várias tabelas que abrigavam a razão entre a concentração do metal medida nos sedimentos e o referencial composto pelos SQGs e também pelos "Backgrounds" da Crosta, dos sedimentos, e do Clarke. Com base sempre nesta razão abaixo, sendo que o $\mathbf{C_{background}}$.era o termo que variava conforme a concepção empregada, lembrando que este termo é o valor de referência, ou valor guia dentro de cada concepção.

$$\mathrm{CF}_{\mathrm{metal}} = \frac{C_{\mathrm{metal}}}{C_{\mathrm{background}}}$$

Onde:

CF é o coeficiente de contaminação;

Cmetal é a concentração do metal estudado;

Cbackground é o valore referencial a ser utilizado.

Agora integrando estes estudos apresenta-se o Quociente de Contaminação. Consiste na avaliação da magnitude das contaminações quando os contaminantes são considerados individualmente.

A probabilidade de se observar toxicidade em determinados sedimentos segundo os autores Long & MacDonald (1997) e Long et al. (1998) como função do número de substâncias que excedem os valores dos guias (as concepções, os "backgrounds") bem como, o quanto elas excedem estes valores. Para se avaliar o grau em que isso ocorre utiliza-se o chamado Quociente Médio de Contaminação (QMC) que é calculado em função de

qualquer valor guia a partir do qual a informação da contaminação é referenciada ERL-Q, ERM-Q, LEL-Q, SEL-Q, TEL-Q, PEL-Q, TEC-Q, PEC-Q, e as concepções dadas pela geoquímica, isto é, os "Background", Crosta-Q, Sedimentos-Q e por último o CLARKE-Q:

Os valores do quociente médio podem ser calculados levando-se em consideração os teores dos metais do estudo foi realizado o cálculo em três etapas:

1 - A concentração de cada substância em cada sedimento é dividida por seu respectivo valor guia de contaminação ERL-ERM, LEL-SEL, TEL-PEL, TEC-PEC, Crosta, Sedimentos e Clarke, realizada nos relatórios trimestrais e apresentadas na forma de tabelas e razões; isto é o Cf (coeficiente de contaminação);

2 - A soma dos quocientes de contaminação (Cf), é calculada para cada amostra de sedimento;

3 - A soma dos quocientes de contaminação é então normalizada (dividida por) pelo número de substâncias que foram analisadas em cada amostra de sedimento (esta normalização permite que sedimentos analisados para diferentes números de substâncias sejam comparados);

Quanto maior o valor obtido para um quociente, maior a probabilidade de contaminação dos sedimentos naquele local ou região. MacDonald (1997) e Long et al. (1998) estabeleceram relações empíricas entre a incidência de toxicidade e o grau e/ou número de valores que excedem os valores guiam de qualidade de sedimento. De uma maneira geral, classificam os sedimentos como, exemplificado com o referencial PEC:

PEC Q < 0,5 não tóxicos;

PEC-Q > 0,5 tóxico.

Pode-se com estes resultados obtidos e sua interpretação, cirar e distribuir estes valores em intervalos mais ou menos restritivos de acordo com os objetivos do estudo, por exemplo:

- Selecionar áreas de preservação;
- Priorizar ações de manejo;
- Definir um valor de intervenção.

Como exemplo apresenta-se uma matriz de priorização onde a incidência de toxicidade aumenta à medida que aumenta o valor numérico de PEL-Q, ERM-Q e PEC-Q.

Tabela 4.3.47 – Esquema de priorização de sítios em relação à contaminação (ERM-Q e PEL-Q baseados em Long &MacDonald, 1997; PEC-Q baseado em Ingersoll & MacDonald, 2003)

Prioridade	Probabilidade de efeito tóxico em testes com *amphipodas*	Prioridade	Probabilidade de efeito tóxico em testes com *amphipodas*
Sítios de menor prioridade		**Sítios de prioridade médio-alta**	
ERM-Q < 0,1	11,6%	ERM-Q entre 0,51 – 1,5	46%
PEL-Q < 0,1	10,4%	PEL-Q entre 1,51 – 2,3	50%
PEC-Q < 0,1	10%	PEC-Q entre 0,5 – 1,0	56%
nenhum ERM excedido	11%	6 a 10 ERM excedidos	52%
nenhum PEL excedido	9%	6 a 20 PEL excedidos	53%
Sítios de prioridade médio-baixa		**Sítios de maior prioridade**	
ERM-Q entre 0,11 – 0,5	30%	ERM-Q > 1,5	74%
PEL-Q entre 0,11 – 1,5	25%	PEL-Q > 2,3	76%
PEC-Q entre 0,11 – 0,5	13%	PEC-Q >1,0	97%
1 a 5 ERM excedidos	32%	> 11 ERM excedidos	85%
1 a 5 PEL excedidos	24%	> 21 PEL excedidos	85%

Nas tabelas 4.3.48 a 4.3.51 apresentam-se os valores dos Quocientes Médios de Contaminação (QMC), para os sedimentos do Arroio Candiota.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.48 – Quocientes Médios de Contaminação, para cada estação amostral, considerando os resultados da Campanha amostral AE, novembro de 2016. Utilizando as quatro concepções de benchmarks para a qualidade dos sedimentos (TEC-PEC, LEL-SEL, ERL-ERM, TEL-PEL) e ainda os "Backgrounds" geoquímicos.

Metais Totais	TEC-Q	PEC-Q	LEL-Q	SEL-Q	ERL-Q	ERM-Q	TEL-Q	PEL-Q	Crosta-Q	Sed-Q	Clarke-Q
1AE	0,65	0,24	0,77	0,22	0,77	0,08	0,53	0,13	1,07	0,61	0,90
2AE	0,24	0,09	0,27	0,09	0,20	0,02	0,14	0,03	0,33	0,19	0,26
3AE	0,17	0,06	0,21	0,06	0,26	0,03	0,16	0,04	0,34	0,15	0,26
4AE	0,22	0,08	0,26	0,07	0,31	0,03	0,17	0,04	0,33	0,18	0,26
5AE	0,40	0,15	0,48	0,14	0,61	0,05	0,30	0,08	0,59	0,33	0,47
6AE	0,20	0,07	0,23	0,07	0,19	0,03	0,16	0,04	0,39	0,18	0,31
7AE	0,64	0,23	0,80	0,21	1,17	0,11	0,61	0,17	1,02	0,59	0,86

Tabela 4.3.49 - Quocientes Médios de Contaminação, para cada estação amostral, considerando os resultados da Campanha amostral AF, janeiro de 2017. Utilizando as quatro concepções de benchmarks para a qualidade dos sedimentos (TEC-PEC, LEL-SEL, ERL-ERM, TEL-PEL) e ainda os "Backgrounds" geoquímicos.

Metais Totais	TEC-Q	PEC-Q	LEL-Q	SEL-Q	ERL-Q	ERM-Q	TEL-Q	PEL-Q	Crosta-Q	Sed-Q	Clarke-Q
1AF	0,49	0,13	0,76	0,12	0,59	0,07	0,76	0,13	2,88	1,19	2,20
2AF	0,12	0,04	0,14	0,04	0,12	0,01	0,10	0,02	0,19	0,12	0,15
3AF	0,09	0,03	0,10	0,03	0,08	0,01	0,07	0,02	0,16	0,10	0,13
4AF	0,37	0,14	0,44	0,13	0,47	0,05	0,27	0,07	0,52	0,31	0,44
5AF	0,49	0,19	0,59	0,17	0,67	0,06	0,36	0,10	0,63	0,41	0,55
6AF	0,20	0,06	0,29	0,06	0,32	0,03	0,27	0,05	0,78	0,22	0,64
7AF	0,12	0,04	0,14	0,04	0,14	0,01	0,09	0,02	0,18	0,12	0,15
1aAF	0,07	0,02	0,08	0,02	0,07	0,01	0,07	0,01	0,15	0,09	0,11

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.50 - Quocientes Médios de Contaminação, para cada estação amostral, considerando os resultados da Campanha amostral AG, abril de 2017. Utilizando as quatro concepções de benchmarks para a qualidade dos sedimentos (TEC-PEC, LEL-SEL, ERL-ERM, TEL-PEL) e ainda os "Backgrounds" geoquímicos.

Metais Totais	TEC-Q	PEC-Q	LEL-Q	SEL-Q	ERL-Q	ERM-Q	TEL-Q	PEL-Q	Crosta-Q	Sed-Q	Clarke-Q
1AG	0,18	0,06	0,20	0,06	0,18	0,02	0,13	0,03	0,28	0,16	0,20
2AG	0,28	0,10	0,32	0,09	0,42	0,04	0,24	0,06	0,40	0,23	0,28
3AG	0,08	0,03	0,09	0,03	0,08	0,01	0,06	0,01	0,15	0,09	0,11
4AG	0,31	0,12	0,39	0,11	0,31	0,04	0,24	0,06	0,60	0,26	0,49
5AG	0,43	0,16	0,48	0,15	0,59	0,05	0,29	0,08	0,49	0,33	0,38
6AG	0,13	0,05	0,16	0,04	0,17	0,02	0,12	0,03	0,22	0,12	0,17
7AG	0,27	0,10	0,30	0,09	0,37	0,04	0,18	0,05	0,32	0,22	0,25
8AG	0,31	0,12	0,35	0,11	0,25	0,04	0,22	0,06	0,42	0,25	0,32

Tabela 4.3.51 - Quocientes Médios de Contaminação, para cada estação amostral, considerando os resultados da Campanha amostral AH, julho de 2017. Utilizando as quatro concepções de benchmarks para a qualidade dos sedimentos (TEC-PEC, LEL-SEL, ERL-ERM, TEL-PEL) e ainda os "Backgrounds" geoquímicos.

Metais Totais	TEC-Q	PEC-Q	LEL-Q	SEL-Q	ERL-Q	ERM-Q	TEL-Q	PEL-Q	Crosta-Q	Sed-Q	Clarke-Q
1AH	0,07	0,02	0,08	0,02	0,06	0,01	0,06	0,01	0,14	0,08	0,10
2AH	0,37	0,15	0,45	0,14	0,68	0,05	0,26	0,07	0,34	0,28	0,27
3AH	0,10	0,04	0,11	0,03	0,07	0,01	0,07	0,02	0,17	0,10	0,13
4AH	0,19	0,07	0,22	0,07	0,26	0,02	0,12	0,04	0,22	0,16	0,18
5AH	0,36	0,14	0,42	0,13	0,55	0,04	0,22	0,07	0,34	0,28	0,28
6AH	0,12	0,04	0,14	0,04	0,20	0,02	0,11	0,03	0,21	0,12	0,16
7AH	0,24	0,09	0,28	0,08	0,46	0,03	0,17	0,05	0,25	0,19	0,20
8AH	0,33	0,12	0,38	0,12	0,31	0,04	0,21	0,06	0,35	0,27	0,29

Toxicidade do Sedimento

Os sedimentos representam, o destino final para muitos contaminantes, especialmente aqueles que são insolúveis e tendem a ser associados com as partículas, onde ocorrem as reações superficiais. Devido a isto, os sedimentos podem frequentemente constituírem-se em uma segunda fonte de contaminante muito tempo após a fonte original ser controlada (bomba química de tempo), sendo de extrema importância seu monitoramento.

Em relação ao monitoramento do sedimento coletado na calha fluvial da bacia do Arroio Candiota, tabela 4.3.52, as estações amostrais EA 2, EA 5, EA6 e EA 7 apresentaram, em algumas das campanhas amostrais, efeitos significativos na redução da sobrevivência dos organismos-teste, indicando assim toxicidade aguda para estas estações. Estas estações amostrais também apresentaram percentuais mais elevados de mortalidade para os organismos-teste em uma maior frequência, ocorrendo em 75% das campanhas amostrais. Não foram observados efeitos crônicos (efeitos sobre o crescimento dos organismos) em nenhum dos pontos amostrais, durante o período de avaliação.

Tabela 4.3.52 - Resultados das análises de toxicidade com o crustáceo *H. azteca* nas amostras de sedimento de fundo superficial da calha fluvial da bacia do arroio Candiota, no período de coleta.

	Novembro/16		Janeiro/17		Abril/17		Julho/17	
Estação Amostral	Toxicidade	% de Mortalidade	Toxicidade	% de Mortalidade	Toxicidade	% de Mortalidade	Toxicidade	% de Mortalidade
1A	-	-		5%	-	-	-	-
EA 1		7,5%		5%		12,8%		2,5%
EA 2		20%		5%		22,5%		52,5%
EA 3		0%		7,5%		5%		2,5%
EA 4		5%		7,5%		2,5%		0%
EA 5		40%		5%		27,5%		67,5%
EA 6		12,5%		17,5%		2,5%		12,5%
EA 7		35%		17,5%		27,5%		2,5%
EA 8	-	-	-	-		27,5%		0%

NE = Nenhum Efeito, TC = Toxicidade crônica, TA = Toxicidade aguda - = Não Amostrado

	Toxicidade Aguda		Maior % de Mortalidade		Nenhum Efeito	-	Coleta não realizada	

TRÍADE da Qualidade dos Sedimentos (SQT)

Como forma de quantificar a magnitude e extensão da contaminação nos sedimentos, CHAPMAN et al. (1987) desenvolveu um método para avaliação integrada da qualidade do sedimento denominado "**Tríade de Qualidade de Sedimento**" (SQT). A Tríade é baseada nas medidas das variáveis químicas, testes de toxicidade e conhecimento da estrutura das comunidades bentônicas, caracterizando uma integração na abordagem da qualidade dos sedimentos da calha fluvial da BHAC. Esta abordagem por sua vez fundamenta-se em peso de evidencias. As linhas de evidencias são:

- Qualidade dos sedimentos obtidas pela concentração de químicos nos sedimentos;

- Estudo de Ecotoxicidade dos sedimentos e;

- Estudo da estrutura da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos.

O uso da Tríade foi criada e teve planejado o seu uso por Long e Chapman (1985); Chapman (1990), e continuou sendo aperfeiçoada por Chapman et al. (1991) e por Chapman (1996). A grande vantagem da tríade é que, integrando vários parâmetros, o grau de incerteza para determinar a contaminação de uma área é bastante reduzido.

O principal objetivo da aplicação da Tríade é agrupar, correlacionar e resumir em diagramas ou através de índices multivariados, o maior número de informações possíveis obtidas nas três abordagens citadas anteriormente.

Buscar uma forma que permita agrupar dados diferentemente mensuráveis, seja em uma matriz de evidências, através de diagramas ou mesmo através de índices.

A possibilidade de haver mais do que as três componentes originais compreendendo o SQT passou a ser considerada (Chapman 1986). Evoluindo mais ainda a análise, a bioampliação (concentrações crescentes de alguns contaminantes orgânicos através da cadeia alimentar) foi formalmente adicionado como, uma LOE primária adicional para o SQT, efetivamente resultando em um Tetrad da Qualidade de Sedimento (Grapentine et ali.2002, Chapman e Anderson 2005). Outros autores sugeriram que a expansão do SQT incluindo uma ou mais linhas de evidencias (LOE), mas para tanto sugerem que deve haver uma análise formal de como e por que tal expansão deve ocorrer.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.53 - Matriz de Decisão da Tríade.Registram-se as variáveis que estabelecem a condição ambiental da Calha fluvial da BHAC, com base na Tríade da Qualidade dos Sedimentos (SQT). Usando as 3 linhas de evidencias: Química dos Sedimentos, Ecotoxicidade dos sedimentos e a Estrutura da Comunidade dos Macroinvertebrados Bentônicos.

	Químicos nos Sedimentos							Resultante	Ecotoxicidade de Sedimentos			Resultante	Macroinvertebrados Bentônicos					Resultante
Locais	SQs				Geoquímica			Locais	Hyalella *azteca*	% de mortalidades	*Hyalella azteca*	Locais	Riqueza (S)	Diversidade	Equitabilidade	IBMWP	IBMWP	Locais
Campanhas	TEC-Q	LEL-Q	ERL-Q	TEL-Q	Crosta-Q	Sed-Q	Clarke-Q	Campanhas	Sobrevivência		*Crescimento*	Campanhas	Nº de táxons	Shannon (H')	Pielou (J)	Valor do índice	Significado	Campanhas
1AE	0,648	0,774	0,765	0,527	1,072	0,609	0,902	1AE		7,5% de mortalidade	*Não Detectada*	1AE	26	1,626	0,50	144	Sistema não alterado	1AE
2AE	0,243	0,272	0,202	0,141	0,326	0,194	0,255	2AE	Efeito Observado	20% de mortalidade	*Detectada*	2AE	36	1,424	0,40	155	Sistema não alterado	2AE
3AE	0,169	0,207	0,260	0,156	0,336	0,153	0,256	3AE		0% de mortalidade	*Não Detectada*	3AE	23	1,522	0,49	113	Sistema não alterado	3AE
4AE	0,217	0,256	0,309	0,172	0,335	0,184	0,259	4AE		5% de mortalidade	*Não detectada*	4AE	17	1,326	0,47	84	Sistema levemente alterado	4AE
5AE	0,397	0,476	0,612	0,303	0,587	0,328	0,471	5AE	Efeito Observado	40% de mortalidade	*Detectada*	5AE	9	1,270	0,58	24	Sistema muito alterado	5AE
6AE	0,198	0,234	0,190	0,156	0,389	0,181	0,311	6AE		12,5 de mortalidade	*Não Detectada*	6AE	6	1,087	0,61	19	Sistema muito alterado	6AE
7AE	0,640	0,797	1,168	0,614	1,016	0,586	0,856	7AE	Efeito Observado	35% de mortalidade	*Detectada*	7AE	7	1,331	0,68	12	Sistema fortemente alterado	7AE
1AF	0,486	0,756	0,589	0,764	2,875	1,192	2,201	1AF	Nenhum Efeito	5% de mortalidade	*Não Detectada*	1AF	37	2,40	0,66	174	Sistema não alterado	1AF
2AF	0,119	0,142	0,119	0,096	0,192	0,117	0,149	2AF	Nenhum Efeito	7,5% de mortalidade	*Não Detectada*	2AF	42	2,64	0,71	185	Sistema não alterado	2AF
3AF	0,087	0,099	0,075	0,069	0,163	0,098	0,126	3AF	Nenhum Efeito	7,5% de mortalidade	*Não Detectada*	3AF	29	1,79	0,53	174	Sistema não alterado	3AF
4AF	0,371	0,443	0,472	0,272	0,521	0,310	0,440	4AF	Nenhum Efeito	5% de mortalidade	*Não Detectada*	4AF	28	1,84	0,55	142	Sistema não alterado	4AF
5AF	0,494	0,589	0,670	0,359	0,634	0,413	0,549	5AF	Nenhum Efeito	17,5% de mortalidade	*Não Detectada*	5AF	7	0,87	0,45	21	Sistema muito alterado	5AF
6AF	0,199	0,287	0,317	0,272	0,779	0,224	0,639	6AF	Nenhum Efeito	17,5% de mortalidade	*Não Detectada*	6AF	13	0,76	0,30	44	Sistema alterado	6AF
7AF	0,121	0,139	0,138	0,087	0,183	0,120	0,145	7AF	Nenhum Efeito	7,5% de mortalidade	*Não Detectada*	7AF	12	0,71	0,29	42	Sistema alterado	7AF
1aAF	0,071	0,084	0,065	0,068	0,152	0,087	0,115	1aAF	Nenhum Efeito	5% de mortalidade	*Não Detectada*	1aAF						1aAF
1AG	0,177	0,196	0,182	0,129	0,278	0,158	0,200	1AG	Nenhum Efeito	12,8% de mortalidade	*Não Detectada*	1AG	38	2,15	0,59	166	Sistema não alterado	1AG
2AG	0,281	0,322	0,421	0,238	0,396	0,230	0,284	2AG	Efeito Observado	22,5% de mortalidade	*Detectada*	2AG	35	2,29	0,64	178	Sistema não alterado	2AG
3AG	0,082	0,092	0,078	0,059	0,147	0,087	0,109	3AG	Nenhum Efeito	5% de mortalidade	*Não Detectada*	3AG	35	1,70	0,48	213	Sistema não alterado	3AG
4AG	0,307	0,387	0,310	0,243	0,599	0,256	0,488	4AG	Nenhum Efeito	2,5% de mortalidade	*Não Detectada*	4AG	27	1,83	0,55	148	Sistema não alterado	4AG
5AG	0,428	0,484	0,590	0,286	0,493	0,327	0,381	5AG	Efeito Observado	27,5% de mortalidade	*Detectada*	5AG	9	0,96	0,44	35	Sistema alterado	5AG
6AG	0,131	0,159	0,173	0,118	0,222	0,123	0,167	6AG	Nenhum Efeito	2,5% de mortalidade	*Não Detectada*	6AG	7	0,86	0,44	36	Sistema alterado	6AG
7AG	0,265	0,302	0,365	0,180	0,322	0,216	0,252	7AG	Efeito Observado	27,5% de mortalidade	*Detectada*	7AG	10	0,85	0,37	33	Sistema muito alterado	7AG
8AG	0,310	0,349	0,252	0,221	0,422	0,252	0,315	8AG	Efeito Observado	27,5% de mortalidade	*Detectada*	8AG	8	0,61	0,29	27	Sistema muito alterado	8AG
1AH	0,070	0,082	0,065	0,058	0,142	0,081	0,104	1AH	Nenhum Efeito	2,5% de mortalidade	*Não Detectada*	1AH	21	1,880	0,630	100	Sistema não alterado	1AH
2AH	0,374	0,452	0,680	0,259	0,336	0,281	0,268	2AH	Efeito Observado	52,5% de mortalidade	*Detectada*	2AH	14	1,350	0,520	54	Sistema alterado	2AH
3AH	0,099	0,110	0,069	0,066	0,166	0,103	0,128	3AH	Nenhum Efeito	2,5% de mortalidade	*Não Detectada*	3AH	22	1,910	0,620	120	Sistema não alterado	3AH
4AH	0,188	0,216	0,265	0,124	0,222	0,159	0,176	4AH	Nenhum Efeito	0% de mortalidade	*Não Detectada*	4AH	10	1,970	0,850	32	Sistema muito alterado	4AH
5AH	0,358	0,416	0,553	0,219	0,341	0,280	0,280	5AH	Efeito Observado	67,5% de mortalidade	*Detectada*	5AH	10	0,910	0,390	21	Sistema muito alterado	5AH
6AH	0,117	0,142	0,201	0,108	0,209	0,119	0,162	6AH	Efeito Observado	12,5% de mortalidade	*Detectada*	6AH	8	0,820	0,400	19	Sistema muito alterado	6AH
7AH	0,237	0,281	0,465	0,168	0,254	0,187	0,201	7AH	Nenhum Efeito	2,5% de mortalidade	*Não Detectada*	7AH	9	1,640	0,790	27	Sistema muito alterado	7AH
8AH	0,325	0,375	0,314	0,208	0,347	0,267	0,290	8AH	Nenhum Efeito	0% de mortalidade	*Não Detectada*	8AH	16	1,320	0,480	63	Sistema levemente alterado	8AH

Integração Com Base na Tríade da Qualidade dos Sedimentos

Cria-se a representação que consiste no uso das três linhas de evidencia para cada local deste estudo (Figura 4.3.16). A primeira linha de evidencia é geração de índices de contaminação químico dos sedimentos, a segunda linha de evidencia é a toxicidade dos sedimentos e a terceira linha de evidencia é a alteração das comunidades bentônicas, a primeira linha de evidencia foi exaustivamente discutida anteriormente, e as duas outras linhas de evidencias são discutidas mais a frente neste estudo. Na tabela 4.3.54 foram colocados, justapostos, os resultados obtidos pelas três linhas de evidências. Para tal, cada parâmetro das três abordagens (i.e. concentração de metais; teste de toxicidade com sedimento total; e índices ecológicos tais como abundância, riquezas, diversidade de Shannon, equitabilidade de Pielou e o IBMWP) são transformados em valores de RTM (Ratio to Maximum Value), que serve para o cálculo dos novos índices (NI) de cada uma destes locais amostrais, integrando estas três linhas de evidencias.

$$\mathbf{RTM\ y\ i = V\ y\ i\ /\ V\ m\ y}$$

Onde,

y = é a variável que caracteriza o local, (parâmetro), Para a linha de evidencia Contaminação foram os onze metais Al, Fe, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Mn e Zn;para a linha de Evidencia Toxicologia é o % mortalidade organismo *Hyalella azteca*; e a linha de evidencia estrutura da comunidade bentônica foram utilizadas a riqueza de Taxons, Diversidade de Shannon, Abundância, Diversidade Shannon, a equitabilidade de Pielou e o IBMWP;

i = estação de coleta;

V y I = valor médio do parâmetro em uma determinada estação de coleta;

V m y = valor médio máximo do parâmetro entre todos os pontos de coleta;

NI = Σ RTMi / Σ RTMo

Onde, NI = novo índice de contaminação, de toxicidade e da alteração da estrutura da comunidade bentônicaou;

Σ RTM i = somatório dos RTM de todos os parâmetros de cada componente da Tríade em um determinado ponto de coleta (RTM do Al, Fe, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Mn e Zn; RTM mortalidade (%) organismo *Hyalella azteca* ; RTM riqueza de Taxons, Diversidade de Shannon, Abundância, a equitabilidade de Pielou e o IBMWP;

Σ RTM o = Somatório dos RTM desses mesmos parâmetros na estação amostral 1, local de referência;

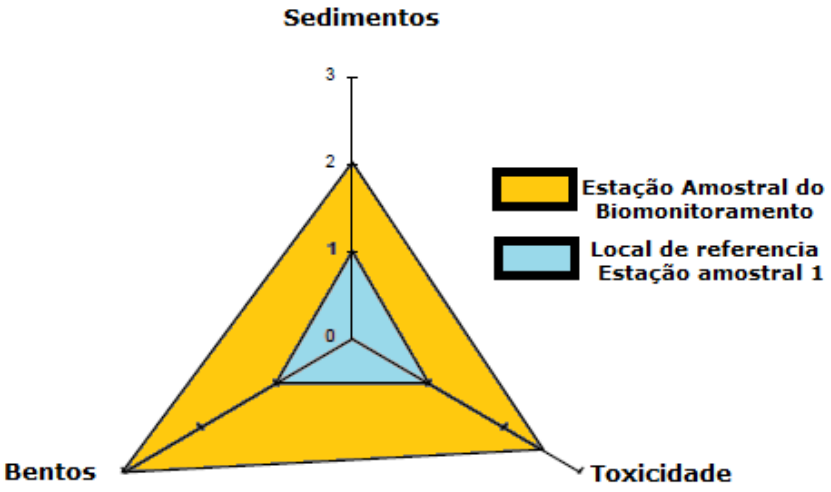


Figura 4.3.16 - Dois triângulos desenhados com as coordenadas RTN Sedimentos, RTM Bentos e RTM Toxicidade, triângulos (área) do local de referência, estação 1 com o triangulo (área) de uma estação qualquer do monitoramento na mesma campanha.

Estes novos índices são representados em três eixos separados por ângulos de 120º e a área formada mostra a degradação do ponto em questão em comparação ao valor médio máximo de cada parâmetro observado entre todos os pontos de coleta, figuras 4.3.17 até 4.3.21.

Na tabela 4.3.54 apresentam-se os valores das coordenadas para cada estação, determinada pelos dados de cada uma das três linhas de evidencias utilizadas, (contaminação dos sedimentos, toxicidade dos sedimentos e estrutura da fauna de macroinvertebrados bentônicos). E nas figuras 4.3.17 a 4.3.21 apresentam-se os triângulos obtidos para a comparação visual. Onde se pode comparar o triângulo cujos lados estão em azul é da estação de referencia 1, e o triângulo com os lados em laranja representa o triangulo da estação que esta sendo comparada com o local de referência.

Na figura 4.3.21 apresenta-se a comparação entre as estações de referência.

Tabela 4.3.54 - Apresentam-se as coordenadas da três linhas de evidencias dada pelo cálculo da RTM para cada linha de evidencia (LOE) utilizadas, Sedimento, Toxicidade e Bentos.

LOE	RTM-1AE	RTM-2AE	RTM-3AE	RTM-4AE	RTM-5AE	RTM-6AE	RTM-7AE	
Sed	0,690	0,200	0,170	0,210	0,400	0,170	0,740	
Ecotox	0,190	0,500	0,000	0,130	1,000	0,310	0,880	
Bentos	0,820	0,820	0,760	0,660	0,630	0,580	0,670	
LOE	RTM1AF	RTM-2AF	RTM-3AF	RTM-4AF	RTM-5AF	RTM-6AF	RTM-7AF	
Sed	0,260	0,120	0,080	0,340	0,450	0,150	0,110	
Ecotox	0,290	0,430	0,430	0,290	1,000	1,000	0,430	
Bentos	0,910	1,000	0,710	0,710	0,370	0,340	0,320	
LOE	RTM-1AG	RTM-2AG	RTM3AG	RTM-4AG	RTM-5AG	RTM-6AG	RTM-7AG	RTM-8AG
Sed	0,190	0,320	0,070	0,270	0,420	0,150	0,260	0,320
Ecotox	0,470	0,820	0,180	0,090	0,090	0,090	1,000	1,000
Bentos	0,950	0,980	0,800	0,790	0,450	0,420	0,400	0,310
LOE	RTM-1AH	RTM-2AH	RTM-3AH	RTM-4AH	RTM-5AH	RTM-6AH	RTM-7AH	RTM-8AH
Sed	0,069	0,410	0,090	0,190	0,360	0,130	0,240	0,330
Ecotox	0,040	0,780	0,040	0,000	1,000	0,190	0,040	0,000
Bentos	0,900	0,660	0,920	0,840	0,470	0,430	0,750	0,670



Figura 4.3.17 - Apresentam-se os triângulos comparados com a estação 1, local de referência, para a Campanha amostral AE- novembro de 2016. Os triângulos são construídos com base nos valores de RTMi para cada estação amostral considerando os onze metais analisados após e comparados, no desenho, com o triangulo da tríade para o local de referência na campanha amostral em epígrafe. Cada uma das linhas de evidencia (Sedimentos Contaminantes, Ecotoxicidade +Estrutura da comunidade Bentônica) p assa a ser um dos vértices do triangulo construído.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

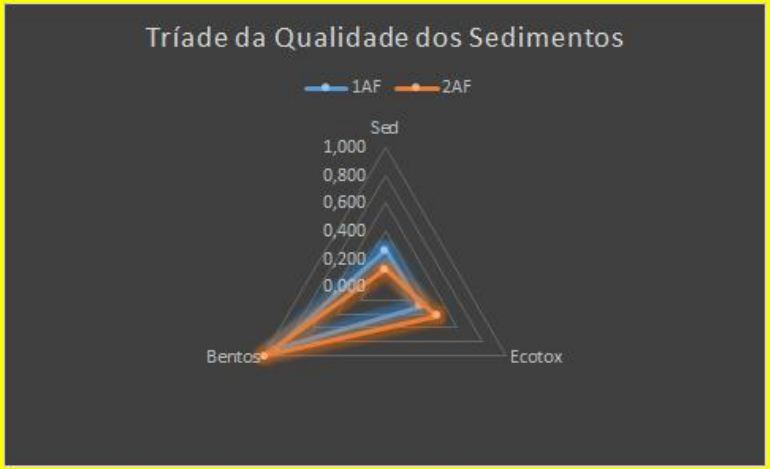








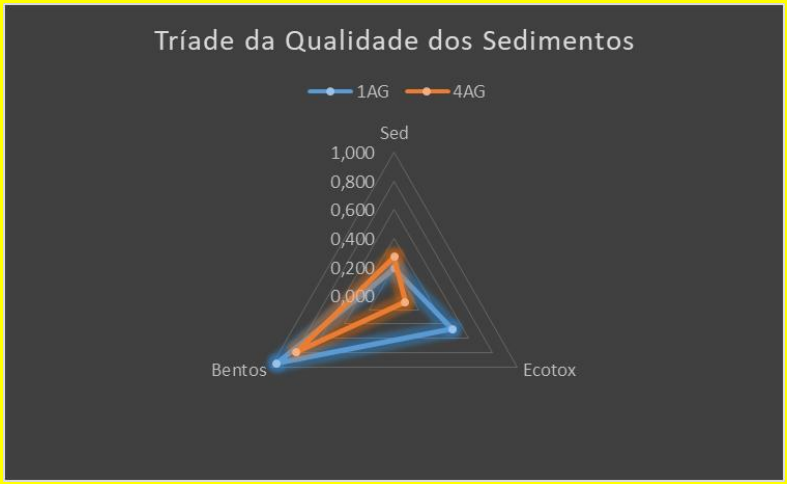


Figura 4.3.18 - Apresentam-se os triângulos comparados com a estação 1, local de referência, para a Campanha amostral AF- janeiro de 2017. Os triângulos são construídos com base nos valores de RTMi para cada estação amostral considerando os onze metais analisados e após comparados, no desenho, com o triangulo da tríade para o local de referência na campanha amostral em epígrafe. Cada uma das 3 linhas de evidencia (Sedimentos Contaminantes, Ecotoxicidade e a Estrutura da comunidade Bentônica) passam a ser cada uma os vértices do triangulo construído.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br









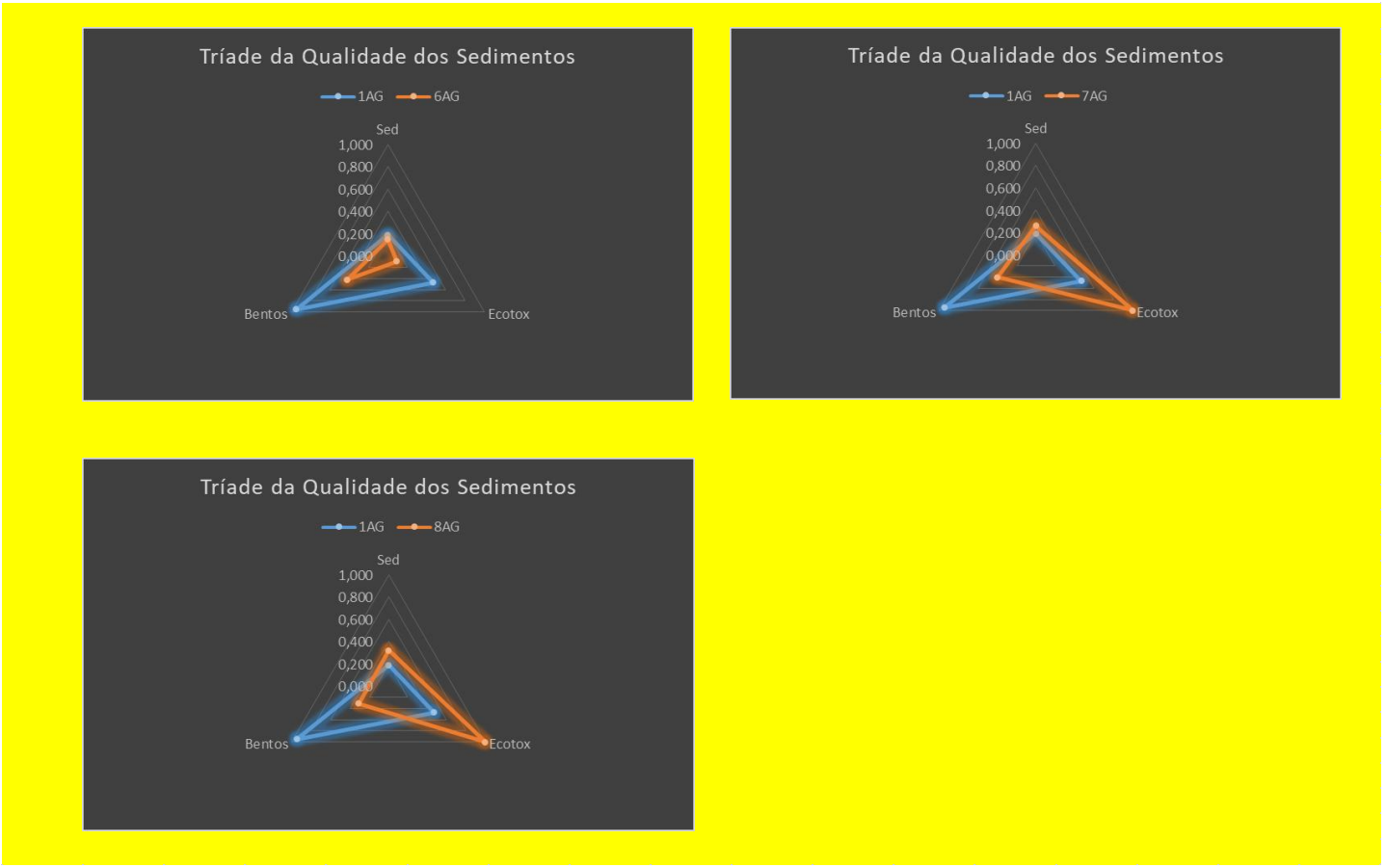
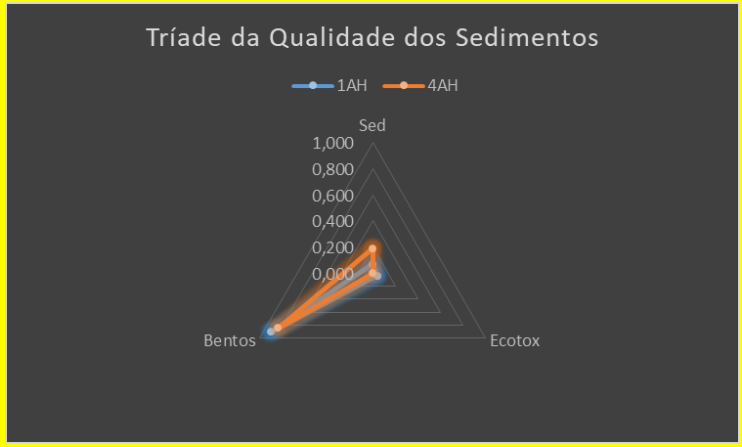


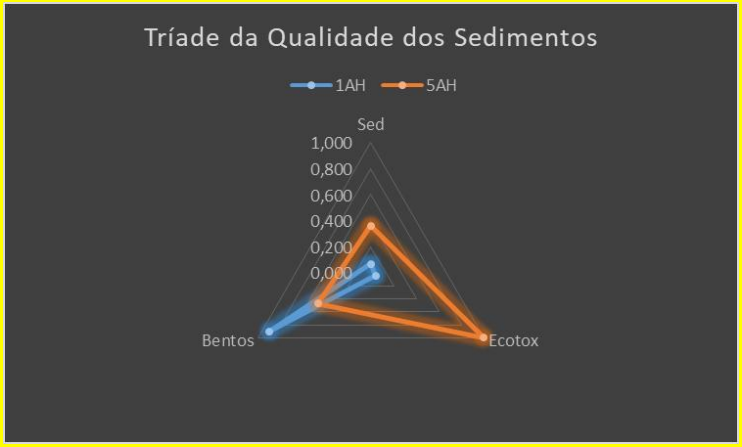
Figura 4.3.19 - Apresentam-se os triângulos comparados com a estação 1, local de referência, para a Campanha amostral AG- abril de 2017. Os triângulos são construídos com base nos valores de RTMi para cada estação amostral considerando os onze metais analisados e após comparados, no desenho, com o triangulo da tríade para o local de referência na campanha amostral em epígrafe. Cada uma das 3 linhas de evidencia (Sedimentos Contaminantes, Ecotoxicidade e a Estrutura da comunidade Bentônica) passam a ser cada uma os vértices do triangulo construído.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br







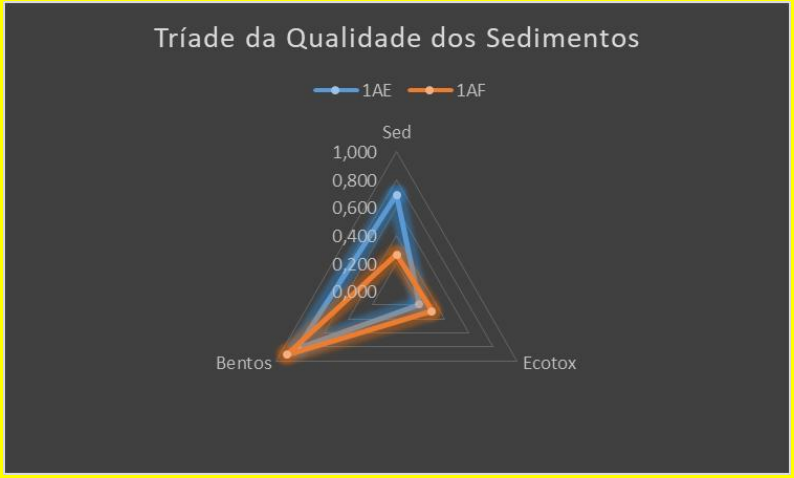


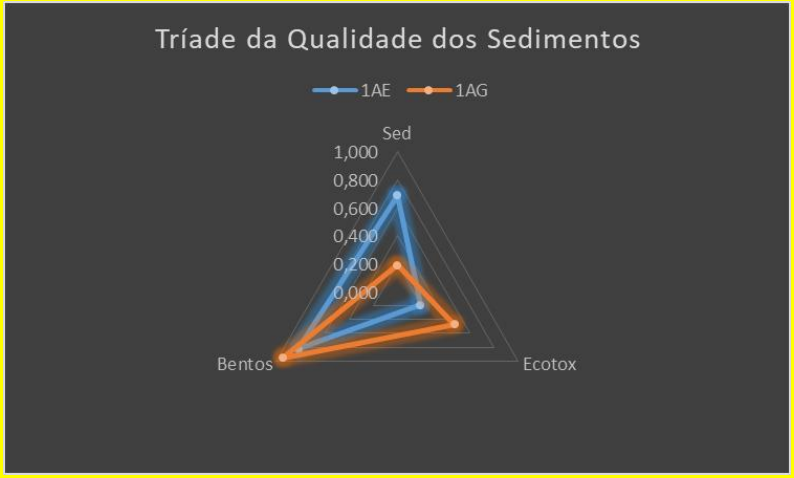
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

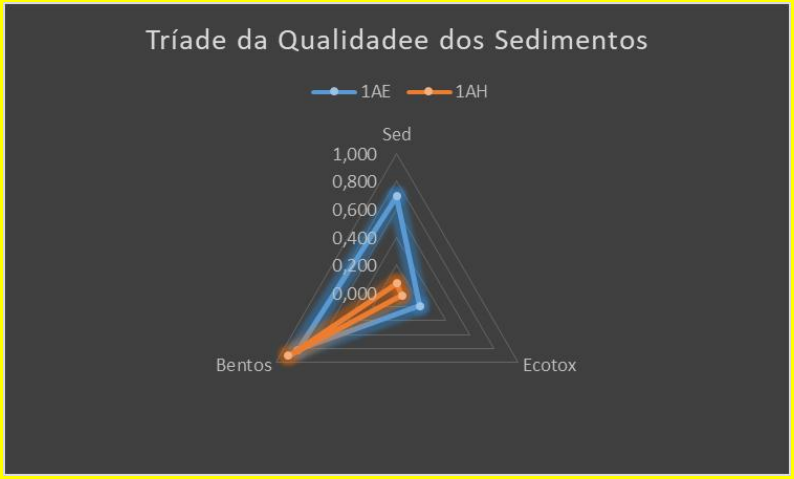


Figura 4.3.20 - Apresentam-se os triângulos comparados com a estação 1, local de referência, para a Campanha amostral AH- julho de 2017. Os triângulos são construídos com base nos valores de RTMi para cada estação amostral considerando os onze metais analisados e após comparados, no desenho, com o triangulo da tríade para o local de referência na campanha amostral em epígrafe. Cada uma das 3 linhas de evidencia (Sedimentos Contaminantes, Ecotoxicidade e a Estrutura da comunidade Bentônica) passam a ser cada uma os vértices do triangulo construído.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br







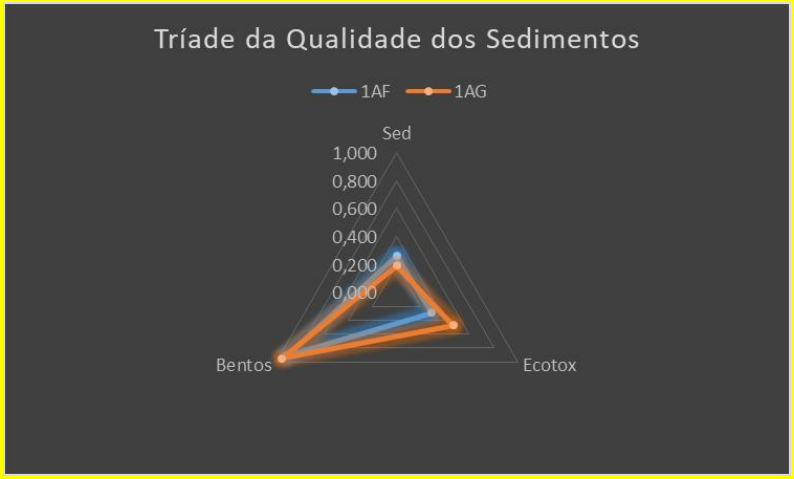




Figura 4.3.21 - Apresentam-se os triângulos do local de referência ilustrando o comportamento de cada uma das 4 campanhas considerando as três linhas de evidencias para a estação amostral 1(local de referência). As campanhas são AE-novembro de 2016, AF-janeiro de 2017, AG-abril de 2017 e AH-julho de 2017. Aqui compara-se estação 1 com estação 1 em cada uma das campanhas. Mostra-se que a variabilidade não é somente da linha de evidencia dos sedimentos e sim da Ecotoxicidade e do Bentos também.

Consideraços Finais e Conclusões

Sedimentos de água doce e suas comunidades, macroinvertebrados bentônicos, macro e micro (biofilmes por exemplos), fotografia 4.3.23, são características essenciais de arroios como o ACt, que prestam serviços ecossistêmicos valiosos, como a reciclagem de nutrientes ou de autopurificação que vão além do ambiente aquático, favorecendo naturalmente a instalação de uma exuberante mata ciliar, nos locais amostrados.



Fotografia 4.3.23 - Mostra do aspecto do biofilme na estação amostral 6, evidenciando a resiliência do sistema.

Contaminantes antropogênicos, como resultado de nossos estilos de vida, podem vir a afetar negativamente estas funções como consequências até então muito pouco conhecidas sobre a ecologia, a economia e a saúde humana, sobre os ciclos, os processos e os serviços da natureza.

Apresentou-se, neste relatório, uma visão um pouco singular restrita as disciplinas envolvidas no biomonitoramento, como a ecotoxicologia, a sedimentologia, geoquímica de sedimentos, e a fauna associada ao

sedimento, mas isso não pode impedir que se busquem visões outras como a da Hidrologia (agora nesta fase está sendo muito importante e necessária) para uma compreensão mais profunda da contaminação e a influência dos serviços prestados pelo Arroio Candiota a sociedade no contexto de influência dos seus usos, buscam-se dados secundários para associar aos dias de amostragem bem como o estudos realizados por Farias (2014).

Existem substâncias químicas potencialmente tóxicas relacionadas a outros usos que não o da geração térmica pela queima de carvão, para os quais as análises não foram previstas de serem realizadas, um exemplo disto, é o glifosato (defensivo) que podem contribuir para o impacto nas métricas biológicas.

As linhas guias da Qualidade dos Sedimentos (SQGs) baseada em efeitos que estão disponíveis para um número reduzido de produtos químicos, potencialmente tóxicos, para os quais análises foram realizadas e os produtos químicos adicionais, além daqueles analisados estão provavelmente presentes em sedimentos, o Selênio por exemplo e que não são analisados. Além disso aqui não foram medidas as sinergias entre estes elementos, uma estratégia difícil e quase impossível de se medir. Muito embora o QMC (Quociente Médio de Contaminação), pode ser considerado uma tentativa indireta disto, e outra tentativa é a SQT-Tríade da qualidade dos sedimentos.

Ao selecionar-se um local de referência para as análises pode levar-se a incerteza, relacionada com fatores naturais de confusão. Por exemplo, a sazonalidade que por sua vez está associada as precipitações e estas por sua vez associadas a abertura de comporta da fonte fria da Térmica, mesmo que parcialmente para que não aconteçam enchentes as margens do reservatório (5% de abertura, a última vez na campanha AH, julho de 2017) podem ocorrer diferenças no estado ambiental dos sedimentos, na calha da Bacia como um todo (principalmente a jusante da comporta), onde preferencialmente se encontram set das oito estações amostrais.

Esses dados representam uma substancial contribuição para a compreensão das condições de comunidades bentônicas de sedimentos na BHAC e a probabilidade de que vários contaminantes estão impactando essas comunidades atualmente e historicamente (passivos ambientais). Alguns dos Habitats existentes são degradados não somente pela atividade de Termeletricidade, mas pelos outros usos da BHAC, Farias (2014), já que esta é sujeita a múltiplas pressões que limitam as funções do ecossistema.

A situação da boa conservação da vegetação ciliar ao que tudo indica, observação de campo, tem sido um fator importante na estruturação ambiental dos locais.

Um dos principais estressores para o sistema parece ser o grande número e as quantidades de contaminantes químicos que historicamente tem sido, e / ou atualmente estão sendo derramados pelos usos da bacia. Esta análise tem demonstrado que muitos contaminantes inorgânicos estavam presentes em concentrações relativamente mais elevadas e que a toxicidade substancial contaminante, pode ter prejudicado os organismos com restrições a suas comunidades no Arroio Candiota, e necessariamente aqueles que foram ou têm sido medidos.

O grau relativamente elevado de toxicidade, que aparece em alguns testes de laboratório dos sedimentos sugere que o comprometimento com os organismos macroinvertebrados residentes pode estar sendo causada pelas misturas de elementos tóxicos, e não por fatores naturais, sinergias inclusive por contaminantes não medidos.

Embora haja muitas incertezas neste tipo de avaliação, como exemplo cita-se as ondas de cheias provocadas pelo escoamento das águas do Candiota.

As evidencias fornecida pelos dados, deixam claro que impactos de contaminantes múltiplos estão ocorrendo na BHAC e que estes impactos poderão ser ainda avaliados e tratados com a iniciativa de um Comitê de Bacia em que os usos da Bacia possam ser reunidos e as responsabilidades

devidamente nomeadas, através de medidas técnicas e científicas, e possíveis soluções encontradas para aproveitar a resiliência deste sistema.

Outro estressor importante tem sido a onda de cheia provocada pela abertura da barragem (fonte fria da Térmica), estressando fisicamente o sistema. Aumentando o transporte dos sedimentos devido as altas velocidades e a força do deslocamento das águas junto a calha fluvial, principalmente do material mais fino, onde devem estar adsorvidos preferencialmente os elementos químicos aqui estudados.

As incertezas são muito elevadas quanto a frequência da abertura bem como as velocidades e volumes descartados.

Outras análises, estatísticas irão nesta segunda fase do Biomonitoramento, ocupar-se em trazer os dados de todas as fases deste estudo (desde 2004) além de dados secundários, e centrarem-se sobre as investigações sazonais da toxicidade de sedimentos, bem como estudos para avaliar as relações de causa-efeito que possam coexistir entre os produtos químicos específicos ou grupos químicos e a condição das comunidades bentônicas e a hidrologia da área.

Salienta-se que o estado ambiental aqui mapeado, cumpre uma função de vigilância ambiental praticada pela CGTEE, no entanto *de forma alguma pode responsabilizar apenas este uso da BHAC*, o uso geração térmica, por esta resultante ambiental, existem outros atores que usam está bacia e contribuem tanto ou mais com fatores estressantes a este meio, que ficam evidente na grande variabilidade dos dados.

As diretrizes de qualidade dos sedimentos (SQGs) forneceram um meio comparativo simples para avaliar o risco de contaminação no ecossistema aquático do Arroio Candiota. Mostraram ao longo do estudo de forma simples as contaminações existentes.

No entanto, a mobilidade dos metais pesados em sistemas aquáticos depende de várias condições, como químicas e fatores biológicos que

envolvem sua dessorção de sedimentos e liberação em águas sobrepostas. Assim, o sedimento é o receptor final de contaminantes e apresenta-se como fonte de contaminação em águas subjacentes. Esta relação é rompida através da onda de cheia. Influenciando de forma significativa não somente o sedimento, mas também a biota.

Este estudo abordou as opções disponíveis para avaliar se o sedimento é considerado contaminado ou não.

Existe a contaminação dos sedimentos no Arroio Candiota e suas fontes são difusas!

Isso é considerado um passo apropriado, e importante; no entanto, deve perceber-se que há uma série de outras considerações que poderiam ser implementadas em um programa de estudos de sedimentos, evidentemente num outro contexto. Existem vários bons exemplos de estruturas em camadas ou de peso-evidência para lidar com sedimentos, uma vez que o rastreio tem indicado problemas.

O mecanismo de transporte de sedimentos é complexo por causa da alta variabilidade em condições ambientais tais como chuvas e processos naturais que são influenciados por condições geomorfológicas e hidrológicas. Além disso a fonte fria da Usina Termelétrica, gera muitas vezes situações de propagação de uma onda de cheia pela abertura, necessária, de sua comporta associada a altas taxas de pluviometria na região. Esta onda de cheia fica evidente nos dados ao compararmos a Campanha amostral AH (julho de 2017) com as outras coletas. Esta foi executada em situação de onda de cheia, teve a comporta aberta antes e durante a campanha amostral de julho 2017, e isto representa para a bacia, um distúrbio.

Compreender o transporte e posterior deposição de sedimentos finos dentro dos sistemas de arroios, canais e planícies de inundação é importante para o monitoramento de sedimentos. Os sedimentos são transportados e

depositados preferencialmente no ambiente aquático dependendo de alguns fatores, tais como: a velocidade do Arroio, tamanho de partícula, condições climáticas, uso do solo, declividade do terreno e o talvegue do canal principal.

A velocidade geralmente varia em diferentes pontos dentro do sistema fluvial, e também dentro de única seção transversal, e isso pode afetar o tamanho do grão transportado e o sedimento taxa de deposição. Haja visto os fundos rochosos que em muitos trechos do Arroio Candiota e seus tributários suportam o escoamento como substrato.

Os sedimentos no sistema do Arroio Candiota são transportados quer como carga de leito, por saltação ou rolamento dos grãos ou como carga suspensa, para sedimentos mais finos siltes e argilas, e as maiores proporções de sedimentos são transportados durante períodos de alta como um evento de inundação, cheias promovidas por precipitações naturais, ou pela abertura da comporta do reservatório (fonte fria).

O transporte de sedimentos ocorre como sólidos suspensos (carga suspensa) ou movimento ao longo do leito. Os grãos finos (<2mm) são principalmente associado à carga suspensa enquanto os grãos maiores estão associados ao leito e os contaminantes estão associados ao material mais fino, já que é na área superficial dos grãos que acontecem a maioria das reações de retenção e estoque dos metais, quando se estabelece esta comparação, dinâmica X densidade e área superficial dos grãos como carga fluvial, figura 4.3.22.

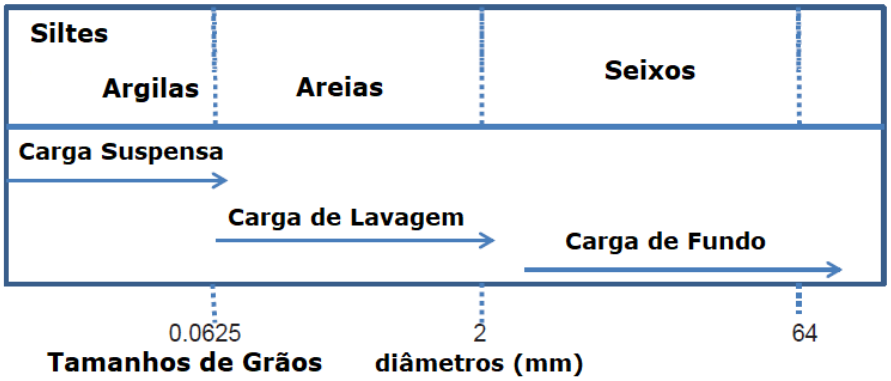


Figura 4.3.22 - tamanhos de grãos associados a dinâmica fluvial e a participação dos sedimentos nesta dinâmica.

Nos sedimentos da calha fluvial, há o desempenho de um papel importante no transporte e reciclagem de metais no Arroio Candiota e seus tributários (ACt). Os cátions são fortemente atraídos pela carga negativa das partículas mais finas de sedimento.

As características dos metais no ambiente fluvial são em grande parte dependentes da física e da química de substâncias e de reações superficiais (na partícula).

Os fatores físicos que afetam a química do metal são o tamanho de partícula do sedimento, área superficial, peso específico, carga superficial e porosidade. Os metais em sedimentos aquáticos sofrem diferentes reações para formar soluções solúveis e complexos de metais insolúveis, dependendo das características do trecho do Arroio, tais como pH, temperatura e oxigênio dissolvido, e condições climáticas, como as chuvas. Aqui esta a preocupação com as questões hidrológicas do lugar. A ocorrência de uma alta pluviosidade concentrada em alguns dias na região propicia lixiviação da calha fluvial principalmente naqueles locais em que o substrato é rochoso e ainda há a erosão do solo, das margens, e depósitos na forma de barras em pontal e de pequenas ilhas sedimentares, fotografias 4.3.24 a 4.3.30.



Fotografia 4.3.24 - Estação amostral 6, marcas da erosão nas margens do arroio.



Fotografia 4.3.25 – Linha tracejada é a linha de "deixa" mostrando a magnitude das cheias do Arroio Candiota. Além disso a vegetação dobrada mostrando o sentido do fluxo. Confluência entre o Arroio Poacá (a direita de quem examina a foto) e o Arroio dos Tigres (a esquerda de quem examina a foto) ambos tributários do Arroio Candiota. O Poacá vem da mina de carvão e o Tigres vem de área de lavoura. Mesmo assim verifica-se, visualmente, as diferenças em material em suspensão. Local a montante da estação 6, que recebe as aguas destes dois tributários e segue com sua carga para a calha principal do Arroio Candiota.



Fotografia 4.3.26 - Erosão de margem próximo a estação amostral 3, a jusante, e a esquerda do leitor um grande banco arenoso, proveniente da carga transportada e acumulada por ocasião de cheias.



Fotografia 4.3.27 - Erosão de margem. Talude cavado pelo Arroio Candiota, estação amostral 3.



Fotografia 4.3.28 - Remoção da margem e o consequente tombamento da vegetação ciliar em função da erosão natural do sistema.



Fotografia 4.3.29 – Nas proximidades da estação 3. A areia da foto é deposito fluvial por ocasião das cheias, avançam por sobre a planície de inundação, dando aspecto de uma estarada, mas é um banco de areia depositado por ocasião das cheias por sobre a vegetação do lugar.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br



Fotografia 4.3.30 - O grande banco de sedimentos arenosos transportado e depositado pelo Arroio. As dinâmicas de fluxos são responsáveis pela erosão transporte e deposição. Ordem que se repete indefinidamente sofrendo a interferência dos usos da BHAC.

Tem sido aceito que a concentração total de metais no sedimento (peso seco), por si só não é uma indicação do efeito tóxico sobre organismos aquáticos; para que o efeito nocivo aconteça, isto só está implícito se os metais são prontamente biodisponíveis (eis aqui o motivo e a necessidade da realização dos testes de ecotoxicidade), e na condição de solução quando ingerido por organismos bentônicos, isso marca bem a relação do estado da estrutura da comunidade dos organismos bentônicos com os sedimentos.

O transporte de contaminantes nos sedimentos principalmente a partir do distúrbio do sedimento no leito de atividades naturais e ou decorrente de mudanças provocadas pela atividade humana, (por isso a variabilidade dos dados) também pode estar associada ao distúrbio provocado pela abertura da comporta da fonte fria que se soma as taxas de pluviosidade da região.

Os contaminantes (metais pesados) liberados a partir de sedimentos são geralmente transportados entre as fases de água (dissolvidas) e os sedimentos dependendo das propriedades físico-químicas da coluna de água.

O oxigênio dissolvido é um fator importante na remobilização do metal, figura 4.3.23, durante o baixo oxigênio dissolvido (relativo - não se pode esquecer que a função de força principal ecológica é a gravidade representada pela declividade do terreno, e como consequência pelo talvegue dos canais fluviais), um aumento no nível de oxigênio no sedimento resultam (pode ser considerado diturbio) em metais que são liberados para águas subjacentes, mas ao mesmo tempo são transportados para jusante.

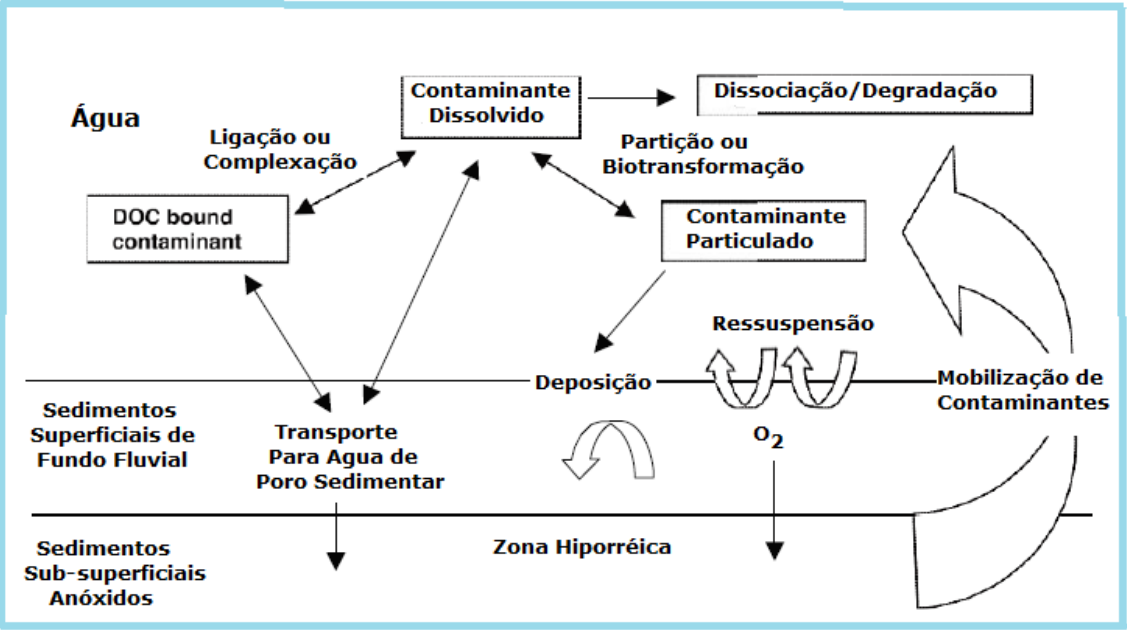


Figura 4.3.23 - Transporte e transformação de contaminantes em sedimentos de maneira generalista. Imagine se um fluxo intenso, físico, representado pelas correntes anômalas de cheias, independente dos motivos que a geraram, ingressando no sistema acima! Haverá certamente um distúrbio.

A mobilidade e a biodisponibilidade de metais pesados retidos nos sedimentos dependem da suas formas químicas com que estão associados aos sedimentos. E as fases geoquímicas do sedimento, tais como carbonatos, óxidos de ferro e de manganês, matéria orgânica, sulfetos e argilas liberam metais pesados e são os principais locais de ligação para metais nos sedimentos. Não foi o escopo deste estudo analisar a presença dos metais nas várias fases que compõe os sedimentos, isto é, analisou-se o metal total. Mas estas ligações provocam um verdadeiro sequestro de metais através de processos como adsorção em partículas, precipitação de compostos de metais pesados, e. fosfatos metálicos, co-precipitação com óxidos de ferro e manganês, associação com matéria orgânica e incorporação em minerais cristalinos. Vários estudos mostram que os óxidos de Fe / Mn e matéria orgânica efetivamente vinculam metal em sedimentos oxidados. No entanto ficam suceptiveis a serem transportandos arroio abaixo como consequência das cheias.

Já o ingresso de ondas de cheias, independente da sua origem, atua com uma verdadeira limpeza de calha fluvial no material mais fino e na biota

instalada e são os finos as principais partículas a estocarem os químicos devido as reações de área superficial.

O pH é também um dos fatores importante que controla o comportamento dos metais no meio aquático. O pH do Arroio Candiota desempenha um papel importante na solubilidade dos metais, aumentando ou diminuindo a capacidade de minerais de argila, ferro e manganês e matéria orgânica para sequestrar os metais. Já aconteceu, quando a equipe de coleta ao chegar a estação 6, medir o pH de 3,2 e antes de saírmos do local o pH foi a 6,5, mostrando que há interferência humana a montante onda há a frente mineira. Estas variações intensas é que determinam os dados que são apresentados e as suas resultantes e que representam intervenções, uma mudança desta ordem e num tempo aproximado de 50 minutos, amplifica mais ainda o "prejuízo" ao sistema. Estas mudanças na natureza devem acontecer de forma gradual e não buscamente. Toda ves que uma mudança deste tipo acontece certamente estamos frente a um distúrbio.

Com baixos valores de pH (entre 1-5), cátions de metal competem com íons de hidrogênio nas ligações, liberando mais íons metálicos para a solução das águas do Candiota que escoam para jusante, em solução. No entanto, o pH aumenta (pH> 5), há menos íons de hidrogênio para competir com metais pesados, mais metais pesados se ligam aos sedimentos, tornando-os menos biodisponíveis.

Estas duas situações tem sido cenários frequentes em nossas campanhas amostrais do monitoramento.

Preocupação com a Necessidade do Comitê de Bacia Hidrográfica

Houve uma preocupação inicial, do grupo de pesquisa que desenvolve o monitoramento, de buscar por programas existentes na BHAC, estatais ou outros que respondessem à legislação vigente sobre a Comitê de Bacia Hidrográfica. Foi encontrado um Consórcio Inter-Municipal que extrapola os município envolvidos pela BHAC, além disso a BHAC é considerada sub-

bacia da Bacia Hidrográfica do Arroio Jaguarão que esta afeta ao Consórcio Intermunicpal o CIDEJA.

Mas considerando o tamanho da B.H.A.C., cerca de 1430 km^2, medidos por Farias et. al. (2015), componente da equipe de estudos, e principalmente os multiusos ali desenvolvidos e a pressão antropogênica ali sofrida sendo intensa, era de se esperar uma organização social em torno dos usos e seus efeitos fosse instigada.

Buscou-se então conhecer o que era o Consórcio Público de Desenvolvimento Regional dos Municípios da Bacia do Rio Jaguarão (CIDEJA) esta organização é composta por sete municípios: Aceguá, Hulha Negra, Pedras Altas, Candiota, Pinheiro Machado, Herval e Piratini. Mas o CIDEJA significa um Consórcio Público Intermunicipal De Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental da Bacia do Rio Jaguarão.

Analisando as matérias postadas no Facebook do referido consórcio nota-se que a atuação é totalmente política e sócio econômica, em nada lembra um Comitê de Bacia como preconiza a legislação, e provavelmente não foi criado para isto, já que o próprio nome estabelece ser um consósrcio, além disso o item "ambiental" que faz parte do nome do consórcio, não aparece em pauta em momento algum, salvo melhor juízo. As questões relacionadas aos multiusos da B.H.A.C. parecem estar muito distantes da percepção dos componentes do CIDEJA, mesmo considerando que o prefeito de gestões anteriores de Candiota, atuasse como presidente deste consórcio por pelo menos três mandatos.

Assim urge que os problemas ambientais da B.H.A.C. sejam discutidos no âmbito da Bacia de forma organizada e com os devidos pesos conforme sua urgência, aproveitando da sua resiliência, e que as instituições e as pessoas que vivem e tem o seu ir e vir na bacia sejam ouvidas e influenciem e até conduzam a sua gestão, de acordo com a lei.

Os compartimentos Água Superficial, Água Subterrânea e Sedimentos têm como responsável técnico o Geólogo Dr. Nelson Augusto Flores Machado.

Referências Bibliográficas

ALLEN, H. **Metal in groundwater**. Ann. Arbor, Michigan, Lewis publisher, 1990.

ALLEN, H.. **Chemical analysis of ecological materials**. 2 ed. London. Blackwell Scientific Publications. 368p.1989.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and** wastewater. Washington, 5º ed. 1985.

Anchor Environmental C.A. L.P. 2003. *Literature review of effects of resuspended sediments due to dredging operations*. Prepared for Los Angeles Contaminated Sediments Task Force, Los Angeles, CA, June 2003.

ANGELIDIS, M. & GRIMANIS, A P.. Geochemical Partitioning of Co, Cr, Fe, Sc e Zn in polluted and Non-polluted Marine sediments. **Environmental Pollution, 63**:31-46, 1989.

ANKLEY, G.T., L.P. BURKHARD, P.M. COOK, S.A. DIAMOND, R.J. ERICKSON, and D.R. MOUNT. 2002. **Assessing risks from photoactivated toxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons to aquatic organisms**. Mid-Continent Ecology Division. National Health and Environmental Effects Research Laboratory. U.S. EPA. Duluth, MN.

APHA - **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC. 19th ed., 982p. 1995.

APITZ, S.E. *et al*. 2000. **Critical issues for contaminated sediment management. Marine Environmental Support Office.** U.S. Navy. Chapter 7. Evaluating reference area conditions in sediment assessments. MESO-02-TM-01.

ARACRUZ, Ecoáguas Engenharia do Meio Ambiente Ltda. 2007. **EIA-RIMA Linha II**-Aracruz Celulose S/A-Unidade Guaíba Versão Final .(Relatório Técnico Inédito-FEPAM).

BAGNOLD, R.A. & BARNDORFF-NIELSEN, O.. The pattern of natural size-distribuitions. **Sedimentology**, Amsterdan**, 27**(2):199-207, 1980.

BAISCH, P.R.N.; NIENCHESKI, L.F.H.;LACERDA, L.D.. Trace Metal distribution in sediments of the Patos Lagoon Estuary, Brazil. In **Metals In Coastal Environments of Latin America** (Seeliger, U., Lacerda,

L.D. and Patchineelan, S.R., eds.) Springer Verlag, Berlim, p559-64. 1988.

BAKER, R.A. **Contaminantes and sediments**, vol.2 Analysis, Chemistry, Biology, Ann Arbor Science, Ann Arbor. Mich., 1980.

BANOULD, M.W.. A method for the determination of particulate nitrogen in natural waters. **Int. J. Enviromental Analysis Chem**., London**, 2**:107-12. 1972.

BATLEY, G. & STUART, S.. Advancing AUSTRALIA'S Sediment Quality Guidelines, **Australian Journal Of Ecotoxicology**. Vol. 14, pp. 11-20, 2008

BEACH EROSION BOARD. Waves in inland reservoirs. **Tecnical memoir 132.** Beach erosion Board Corps of Engineers, Washington, DC. 1972.

BOLTON, S.H., BRETELER, R.J., B.W. VIGON, J.A. SCANLON, and L. CLARK. 1985. **National perspective on sediment quality**. Prepared for U.S. EPA, Washington, DC. 194 pgs.

BOYD, S.A. and S. SUN. 1990. Residual petroleum and polychlobiphenyl oils as sorptive phases for organic contaminants in soils. **Environ. Sci. Technol. 24**:142-144.

BOWEN, H. J. M. **Trace elements in biochemistry**. Academic Press, London, New York, 1966.

BOWEN, H. J. M.. **Environmental Chemistry of The Elements**. Academic Press, London, 333p. 1979.

British Columbia. Ministry of Environment, Lands and Parks. 1999. **Criteria for managing contaminated sediment in British Columbia** (Draft). Prepared pursuant to Section 26(1) of the Waste Management Act.Canadian Council of Ministers of the Environment

BULLER, A.T. & MCMANUS, J.. Simple metric statistics used to recognize different environmments. **Sedimentology,** Amsterdan, **18:**1-21. 1972.

BURREL, D.C. **Atomic spectrometric analysis of heavy metals polluants in water**. Ann. Arbor., Michigan. Ann. Arbor Science Publisher. 1974.

BURTON Jr., **Sediment Toxicity Assessment.** Lewis Publisher, 457p.,1992.

Calmano W., Ahlf W., Förstner U. 1996. Sediment quality assessment: Chemical and biological approaches. In: **Calmano W., Förstner U. (eds.)** ***Sediment and toxic substances***. Springer, Berlin, 1-35.

Campbell P. G. C., Tessier A. 1989. Geochemistry and bioavailability of trace metals in sediments. In: Boudou A.,Ribeyre Ž . F. (eds). ***Aquatic Ecotoxicology***. CRC Press, Boca Raton, FL, 125-148.

CANAVAN, R.W.; CAPPELLEN P.; VAN, J.J.G.; ZWOLSMAN ,G.A. VAN DEN BERG, C.P. SLOMP. 2007. Geochemistry of trace metals in a fresh water sediment: Field results and diagenetic modeling. **Science of the Total Environment 381**: 263–279

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Ocenaography, 22:**361-369. 1977.

CARVER, R. E. (ed.). **Procedures in Sedimentary** Petrology. New York: Wiley-Interscience. 1971.

CETESB 1998. ***Avaliação do grau de contaminação do sedimento ao longo do canal de navegação do porto de Santos***. CETESB, São Paulo, 26 p.

CETESB. Série Relatórios. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias análiticas e de amostragem. 43p. 2009.

CCME**,**1995**. Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life** CCME EPC-98E, Canadian Council of Ministers of the Environment, Ottawa, 1995.

CCME. 1999. **Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables**. In: Canadian environmental quality guidelines. 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

CHAKRAPANI, G. J. & SUBRAMANIAN, V.. Preliminary studies on the geochemistry of the Mahanadi River Basin, India**. Chem. Geol. 81**:241-253. 1993.

CHAPMANN, P.; ROMBERG, G.; VIGERS, G..1982. Design of monitoring studies for priority pollutants. **Journal of the Water Pollution Control Federation, 54**:292-297.

CHAPMAN, P.M. et al., 1997. General Guidelines for using the Sediment Quality Triad. ***Marine Pollution Bulletin*, 34**(6), 368-372.

CHAPMAN, P.M., M. CANO, A.T. FRITZ, C. GAUDET, C.A. MENZIE, M. SPRENGER, AND W.A. STUBBLEFIELD. 1997. **Critical issues in methodological uncertainty. Session 4. Contaminated site cleanup decisions. Chapter 7**. Workgroup summary report on contaminated site cleanup decisions. Proceedings of the Pellston Workgroup on Sediment Ecological Risk Assessment. April 23-28, 1995.

Pacific Grove, CA. Edited by C.G. Ingersoll, T. Dillon, and G.R Biddinger. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (SETAC Press).

CHAPMAN, P.M., FAIRBROTHER, A. & BROWN, D., 1998. A critical evaluation of safety (uncertainty)factors for ecological risk assessment. ***Environmental Toxicology and Chemistry*, 17**(1), 99-108.

CHAPMAN, P.M. et al., 1998. Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. ***Canadian Journal of Fishery and Aquatic Sciences*, 55**, 2221-2243.

CHAPMAN, P.M., 2002. Integrating toxicology and ecology: putting the "eco" into ecotoxicology.***Marine Pollution Bulletim*, 44**, 7-15.

CHAPMAN, P.M., MCDONALD, B.G. & LAWRENCE, G.S., 2002. Weight-of-Evidence Issues and Frameworks for Sediment Quality (And Other) Assessments. ***Human and Ecological Risk Assessment:An International Journal*, 8**(7), 1489.

CHAPMAN, P.M. & ANDERSON, J., 2005. A Decision-Making Framework for Sediment Contamination.*Integrated* ***Environmental Assessment and Management*, 1**(3), 163-173

CHAPMAN, P.M., 2006. Emerging substances — Emerging problems? *Environmental* ***Toxicology and Chemistry*, 25**(6), 1445-1447.

CHAPMAN, P.M. & HOLLERT, H., 2006. Should the Sediment Quality Triad become a Tetrad, a Pentador Possibly even a Hexad? ***Journal of Soils & Sediments*, 6**(1), 4-8.

CHATFIELD, C. & COLLINS, A J. **Introduction to multivariate analysis**. London, Mephuen, 1980.

CLARK, J. R. **Coastal ecosystem management**. New York Wiley Interscience Publications 928p. 1977.

CLARKE, D.G., PALERMO, M.R., AND T.C. STURGIS. 2001. **Subaqueous cap design: Selection of bioturbation profiles, depths, and rates**. DOER Technical Notes Collection. ERDC TN-DOER-C21. U.S. Army Engineers Research and Development Center, Vicksburg, MS.

CLARKE, J.U. 1995. **Guidelines for statistical treatment of less than detection limit data in dredged sediment evaluations**. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS. EEDP-04-23.

CONAMA.Resolução CONAMA n^0 20 de junho de 1986. In: **Resoluções CONAMA 1984**-86, Brasilia; SEMA. 92p, 72 – 79p.1986.

CONAMA. **Resoluções Conama** 1984 a 1991. Brasilia: IBAMA. 245p. 1992.

CONAMA 2003. Avaliação da proposta da resolução CONAMA - Análise das diretrizes internacionais para avaliação da proposta de resolução sobre licenciamento ambiental das atividades de dragagem em águas jurisdicionais brasileiras e gerenciamento de material dragado. (www.mma.gov.br/port/conama/processos/6D36E92F/avaliacao_antaq18fev03.doc) 45 pp.

CONAMA. Resolução n0 344 de maio de 2004.

CONAMA, 2005 – Resolução CONAMA n° 357/05 – Classificação das águas doces, salinas e salobras (http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf) 23p.

CONAMA. Resolução n0 454 de novembro de 2012.

CRANE, J.L., D.D. MACDONALD, C.G. INGERSOLL, D.E. SMORONG, R.A. LINDSKOOG, C.G. SEVERN, T.A.BERGER, and L.J. FIELD. 2000. **Development of a framework for evaluating numerical sediment quality targets and sediment contamination in the St. Louis River Area of Concern**. U.S. Environmental Protection Agency, Great Lakes National Program Office, Chicago, IL. EPA-905-R-00-008.

CRONAN, D. S. Skewness and Kurtosis in polymodal sediment from the Irish Sea. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa **42**:102-106.1972.

DALE, V.H. et al., 2008. Enhancing the Ecological Risk Assessment Process. *Integrated* ***Environmental Assessment and Management*****, 4**(3), 306-313.

DASKALAKIS, K.D. and T.P. O'CONNOR. 1995. Normalization and elemental sediment contamination in the coastal United States. Environ. **Sci. Technol. 29**:4470-477.22.

Davis A., Olsen R. L., Walker D. R. 1991. Distribution of metals between water and entrained sediment in streams impacted by acid mine discharge. Clear Creek, Colorado, USA. ***Appl. Geochem.***, **6**:333-348.

DAY Jr., J W. & YANEZ-ARANCIBIA, A. **Coastal lagoons and estuaries: ecosystems approach.** Ciencia Inter-americana. Ciências del Mar, Washington, D. C. v22, p.1-24 1982.

DI TORO, D.M., C.S. ZARBA, D.J. HANSEN, W.J. BERRY, R.C. SWARTZ, C.E. COWAN, S.P. PAVLOU, H.E. ALLEN, N.A. THOMAS, and P.R. PAQUIN. 1991. Annual Review. Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. **Environ.Toxicol. Chem. 10**:1541-1583.

DOUGLAS, D. J. Interpretation of results of mechanical analysis. **Journal of Sedimentary Petrology, 16**:19-40, 1946.

Environmente Directorale General (2007)REACH in brief, European Comission. Available at: http:/ec.europa.eu/envcironment/chemicals/reach/pdf/2007_02_reach_in_brief.pdf.

EPA/USACE (1998) **Evaluation of dredged material proposed fordischarge in waters of the US-Testing Manual**. US EnvironmentalProtection Agency and US Army Corps of Engineers, Washington,DC EPA-823-B-004.

ENVIRONMENT CANADA (1995) **Interim sediment quality guidelines. Ecosystem Conservation Directorate, Evaluation and Interpretation Branch, Soil and Sediment Quality Section, Guidelines Branch**,Ottawa, Ontario.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 575p. 1988.

EVERITT, B. **Cluster analysis**. London, Heineman, Educational Books, 1974.

FACHEL, J. M. G. **Análise Fatorial**. São Paulo, Curso de Pós-Graduação em Matemática, Instituto de Matemática, USP, 1976.

FAIREY, R., E.R. LONG, C.A. ROBERTS, B.S. ANDERSON, B.M. PHILLIPS, J.W. HUNT, H.R. PUCKETT, and C.J.WILSON. 2001. An evaluation of methods for calculating mean sediment quality guideline quotients as indicators of contamination and acute toxicity to amphipods by chemical mixtures. **Environ. Toxicol.Chem. 20**:2276-2286.

FELTZ, H.. **Significance of bottom material data in evaluating water quality**, In Baker, R., (ed). Contaminants and Sediments, v1, Ann. Arbor, Mich., Ann. Arbor Science Publisher, Inc., p 271-287, 1980.

FENT, K., 2007. **Ökotoxikologie**, Thieme Georg Verlag.

FERGUSSON, JE. 1990. **Heavy elements in the environment**. In The heavy elements: Chemistry, Environmental Impact and Health E_ects. Pergamon Press, pp. 143-166.

FERNANDES, H. M.; BIDONE, E. D.; VEIGA, L.H.; PATCHINEELAM, S. R. Heavy metal pollution assessment in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. **Environm. Pollution,** v**85**, p259-264.1984.

FILIPEK, L. & OWEN, R.. Geochemical associations and grains size partioning of heavy metals in lacustrine sediments. **Chemical Geology, 26**:105-117, 1979.

FILIPEK, L.; CHAO, T.; CARPENTER J.. Factors afecting the partitioning of Cu, Zn and Pb in boulder coatings and stream sediments in the vicinity of a polymetallic sulfide deposit: **Chemical Geology, 33:**45-64, 1981.

FOLK, R.L.. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Third Edition, Austin, Texas.Hemphill's. 182p. 1951.

FOLK, R.L. Stages o textural maturity in sedimentary rocks. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, **31**:514-29.1971.

Folk, R.L.– The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. **Journal of Geology, 62**(4):344-359. 1954.

FOLK, R.L & WARD, W. Brazos river bar a study in the significance of grain size. **Journal of Sedimentary Petrology,** Tulsa,. **27**(1):3-28. 1957.

FORSTNER, U.. **Metal concentrations in freswater sediments – natural background and natural effects**. In Golterman HL (ed) Interactions between sediments and freswater. Junk, The Hague, pp94-103, 1977.

FORSTNER, U. Contaminated sediments. In: **Lecture Notes in Earth Sciences, v21.** 157p. 1989.

FORSTNER, U & MULLER, G..Heavy metal accumulation in river sediments. **Geoforum 14**:53-61. 1973.

FORSTNER, U & MULLER, G..Heavy metal pollution monitoring in river sediments. **Forschr. Mineral 53**: 271-288, 1976.

FORSTNER, U & SALOMONS, W.. Trace metal analysis on polluted sediments. **Environmental Technology Letters, v1**, , p.494-519. 1980.

FORSTNER, U & WITTMANN, G.T.W.. **Metal pollution in teh aquatic environment**. Springer Verlag; Berlim-Heidelberg-New York, 475pp. 1981.

GALICKI, A. M.. **An application of the Lead-210, geocronological method in cores from Lake Jackson**, Leon Country, Florida. College of Arts and Science. Florida State University, 133p. 1977.

GARCIA, C. A. B.; BARRETO, M. S.; PASSOS, E. A.; ALVES, J. P. H.; J. Braz. Chem. Soc. 2009, 20, 1334.

GHISELIN, J.. Analisyng ecotones to predict biotic productivity. **Environment Management, 1**(3):235-38. 1977.

GILBERT, R.O. 1987. STATISTICAL METHODS FOR ENVIRONMENTAL POLLUTION MONITORING. Von Nostrand Reinhold. New York, N.Y.

GLAISTER R.P. & NELSON, H.W. Grain size distribution on aid identification. **Journal of Sedimentary Petrology, 22**(3);203-40, 1974.

GJESSING, E. T. **Physical and Chemical characteristics of aquatic humus**. Ann Arbor, Mic Ann Arbos Science 120p.1975.

GOLTERMANN, H.L.. **Physiological Limnology,** Elsevier, Amsterdam, 489pp, 1975.

GOLTERMANN, H.L. & KOUWE, F. A **Chemical budgets and nutrients pathway,** p85-140. In: Cren & Lowe-McConnel (ed.). The functioning of freswater ecosystem. Cambridge University Press, Cambridge. England, 1980.

GRIM, R.. **Clay mineralogy**. 2nd edition New York, McGraw Hill, 596p, 1968.

GRINOVER, L.. O planejamento físico-territorial e a dimensão ambiental. In: Cadernos FUNDAP. **Planejamento e Gerenciamento Ambiental**. São Paulo 16:25-33, 1989.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM R. L.; BLACK, W. C. 1995.**Multivariates Data** Analysis. Forth edition. New Jersey: Prentice Hall.

HAKANSON, L.. The influence of wind fetch, and water depth on distribution of sediment in lake. Vanern, **Sweden, Can. J. Earth Sci. 14**:397-412, 1977.

HAKANSON, L.. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sediementological aproach. **Water Research, 14**:975-1001, 1980.

HAKANSON, L.. **A manual of lake morphometry.** Springer Verlag, Berlim-Heidelberg-New York, 78p. 1981a.

HAKANSON, L.. Determination of characteristic value for physical and chemical lake sediements parameters. **Water Resour Res. 17**:1625-1640, 1981b.

HAKANSON, L.. **Bottom dynamics in lakes**. In Sly P.G. (ed) Sediment/freshwater interactions. Junk, The Hague, pp 1-22, 1982 a .

HAKANSON, L.. Lake bottom dynamics and morphometry – the dynamic ratio. **Water Resour Res 18**: 1444-1450, 1982b.

HAKANSON, L e JANSSON, M.. **Principles of lake sedimentology**: Springer Verlag, Berlim- Heidelberg-New York, 316p. 1983.

HAKANSON, L.. Aquatic contamination and ecological risk. Na attempt to conceptual framework. **Water Res. 18**: 1107-1118, 1984a.

HAKANSON, L.. On the realtionship between lake trophic level and lake sediments. **Water Res 18**:303-314, 1984b.

HAKANSON, L.; ANDERSSON, T.; NILSSON A.. New method of quantitatively describing drainage areas. **Environmental Geology and Waters Sciences, 15**:61-69. 1990.

HANSEN, K.. Lake types e lake sediments . **Verh.Int. Ver Limnol. 14**:285-290, 1961.

HARDING, J. P.. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. **Journal Marine Biol. Assoc**., **28**:141-53. 1949.

HARRIS, S.A.. Probability curves recognition of adjustment to depositional environments, **Journal Sedimentary Petrology, 28**:151-63. 1958.

HAYES, D., and P.-Y. WU. 2001. Simple approach to TSS source strength estimates. In *Proceedings of the WEDA XXI Conference, Houston, TX, June 25-27, 2001*.

HJULSTROM, F.. Transportation of detritus by moving water. In: Recent marine sediments (Ed. by P.D. Trask). **Symp. Am. Assoc. Petrol. Geol.** 5-31.1939.

HOLLERT, H. et al., 2002. Biological and chemical determination of dioxin-like compounds in sediments by means of a Sediment Triad Approach in the catchmant area of River Neckar. ***Ecotoxicology*,11**, 323-336.

HORIE, S.. Asian Lakes. In: Eutrophication: Causes Consequences Corretives, p98-124. National Academy of Science Washington, D.C. 1969.

HOROWITZ, A.. The geochemistry of sediments from the northern Reykjanes Ridge and the iceland-Faeroes Ridge. **Marine Geology, 17**:103-122, 1974.

HOROWITZ, A.. A primer on trace metal-sediment chemistry. United States Geological **Survey Water Supply, paper 2277**, 136p, 1985.

HOTELLING, H.. Analysis of a complex statistical variable into principal components. **J. Educ. Psycol. 24**:417-41, 490-520. 1993.

HUDSON, N.. **Soil conservation**. Cornell University Press. Ithaea, New York. 2ª edição 1971.

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology. V. 1. Geography physics and chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1015p. 1957

HUTCHINSON, G. E & LOFFLER, H.. The termal classification of lakes. **Proc. Nati. Academi. Sci. USA, 42**:84-86, 1956.

INGERSOLL, C.G., P.S. HAVERLAND, E.L. BRUNSON, T.J. CANFIELD, F.J. DWYER, C.E. HENKE, N.E. KEMBLE, and D.R. MOUNT. 1996a. **Calculation and evaluation of sediment effect concentrations for the amphipod *Hyalella azteca* and the midge *Chironomus riparius***. Assessment and Remediation of Contaminated Sediments (ARCS) Program. U.S. EPA Great Lakes National Program Office. Region 5. EPA 905-R96-008.

INGERSOLL, C.G., P.S. HAVERLAND, E.L. BRUNSON, T.J. CANFIELD, F.J. DWYER, C.E. HENKE, N.E. KEMBLE,D.R. MOUNT, AND R.G. FOX. 1996b. Calculation and evaluation of sediment effect concentrations for the amphipod *Hyalella azteca* and the midge *Chironomus riparius*. **J. Great Lakes Res. 22**(3)602-623.

INGERSOLL, C.G., T. DILLON, AND G.R. BIDDINGER. 1997. **Ecological risk assessments of contaminated sediments**. Proceedings of the Pellston workshop on sediment ecological risk assessment. Special Publication of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Pensacola, FL.

INGERSOLL, C.G., D.D. MACDONALD, N. WANG, J.L. CRANE, L.J. FIELD, P.S. HAVERLAND, N.E. KEMBLE, R.A. LINDSKOOG, C. SEVERN, AND D.E. SMORONG. 2000. **Prediction of toxicity using consensus-based freshwater sediment quality guidelines**. U.S. EPA Great Lakes National Program Office. EPA-905/R- 00/007.

INGERSOLL, C.G., D.D. MACDONALD, N. WANG, J.L. CRANE, L.J. FIELD, P.S. HAVERLAND, N.E. KEMBLE, R.A. LINDSKOOG, C. SEVERN, and D.E. SMORONG. 2001. Predictions of sediment toxicity using consensus based freshwater sediment quality guidelines**. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 41**:8-21.

INGERSOLL C. G., MACDONALD D. D. 2003. *Technical Guidance on Contaminated Sites - Sediment Criteria and Guidance*. *A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater, Estuarine,and Marine Ecosystems in **British Columbia Volume III – Interpretation of the Results of Sediment Quality Investigations***. British Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection Pollution Prevention and Remediation Branch, British

Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection Pollution Prevention and Remediation Branch, Victoria, British Columbia, 234 p.

INMANM, D.L.. Sorting of sediments in the light of fluid mechanisms. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, **19**:51-70. 1949.

JENNE, E. **Trace element sorption by sediments and soils-site and processes** In CHAPPEL, W. and PETERSON, K. (eds) Symposium on Molybdenium. V2. New York Marcel-Decker p 425-553, 1976.

JENNE, E. A & LUOMA, S.N. **Forms of trace elements in soils, sediments and associated waters: a overwiew of their determination and biological availability**. 15th Life Sciences Symp. Biological Implications of Metal in The Environment., 1980.

JENSEN, J. & MESMAN, M., 2006. ***Ecological risk assessment of contaminated land****: Decision support for site specific investigations*, Disponivel em :http://rivm.openrepository.com/rivm/handle/10029/3088.

JOHNSON, T. C. Sediment redistribution by waves in lakes, reservoirs and embayments. In: STEFAN, H. (ed.) **Proceedings of Symposium on Surface-Water Impoundments. American Socity Civil Engineering**, Mineapolis Minn, June 205, 1980.

KEMP, A L. W., THOMAS, R. L.; DELL, C. I.; JAQUET, J.M. Cultural impact on the geochemistry of sediments in Lake Erie. **J. Fish Res. Board Can. Spec. Issue 33**:440-462, 1976.

KLIJN, F. 1991. Environmental Susceptibility to Chemicals from Processes to Pattern with Special Reference to Mapping Characteristics and Spatial Scales.In **MAPING OF SOIL AND TERRAIN VULNERABILITY TO SPECIFIED CHEMICAL COMPOUNDS IN EUROPE AT SCALE OF 1:5M, WAGENINGEN, HOLANDA**. Anais….Wageningen, Holanda p 9-23.

KOIDE, M; SOUTAR; GOLBERG, E.. Marine Geocronology with Pb210. **Earth and Planetary Science Letters Nort Holland Publishing Company**. Amsterdan **14**:442-446. 1972.

KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L.. **Stratigraphy and sedimentations**. W.H. Freeman and Co., 660p.1955.

KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F. J.. **Manual Sedimentary Petrology**. New York. Appleton-Century-Crofts Inc., 549p. 1938.

LANGSTON, W. J. ; B. S. CHESMAN, G. R. BURT, S. J. HAWKINS, J. READMAN AND P. WORSFORLD, Site Characterisation of South West

European Marine Sites - Poole Harbour SPA, Plymouth Marine Science Partnership, Plymouth, 2003.

LAWRENCE, G. 1999. **EC20 determinations for toxicity tests in aquatic risk assessments**. SETAC News. July 1999.

LANDIM P. M. B., STURARO J. R. 2002. *Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos*. Texto didático 06, Unesp – Rio Claro, 19p.

LIAGHATI, T.; PREDA, M.; COX, M.; Environ. Int. 2003, 29, 935.

LONG, E.R. & CHAPMAN, P.M., 1985. A Sediment Quality Triad: Measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition in Puget Sound. ***Marine Pollution Bulletin*,16**(10), 405-415.

LONG, E.R., MORGAN, L.G., 1990. Potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the national status and trends program. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52, **National Oceanic and Atmospheric Administration**, Seattle, Washington.

LONG, E.R. AND L.G. MORGAN. 1991. **The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program**. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52. National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle, Washington.23.

LONG, E.R., MACDONALD, D.D., SMITH, S.L., CALDER, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. **Environmental Management 19** (1), 81–97.

Long, E. R., MacDonald D. D. 1997. Effects range low and median, threshold and probable effects levels. In: *Use of sediment quality guidelines in the assessment and management of contaminated sediments*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), short course.

LONG, E.R., FIELD, L.J., MAcDONALD, D.D., 1998. Predicting toxicity in marine sediments with numerical sediment quality guidelines. **Environmental Toxicology and Chemistry 17** (4), 714–727.

LONG, E.R., MAcDONALD, D.D., 1998. Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. **Human and Ecological Risk Assessment 4** (5), 1019–1039.

LUOMA, S., 1989. Can we determine the biological availability of sediment-bond trace elements?***Hydrobiologia*, 176/177**: 379-396

MacDONALD, D. D. 1994. **Approach to the Assessment of Sediment Quality in Florida Coastal Waters.** Volume 1-Development and Evaluation of Sediment Quality Assessment Guidelines, Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee.

MacDonald D. D. 1997. ***Sediment injury in the Southern California Bight: review of the toxic effects of DDTs and PCBs in sediments*.** Prepared for National Oceanic and Atmospheric Administration, US Department of Commerce, Long Beach, CA.

MAcDONALD, D. D.; CARR, R. S.; CALDER, F. D. and LONG, E. R. 1996a. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. **Ecotoxicology 5**, 253-278.

MAcDONALD, D.; LONG, E., FIELD; J., INGERSOLL, C.; CARR, S.; HAVERLAND, P., CANRELD, T.; DWYER, J.; KEMBLE, N.; CALDER, F.; SLOANE, G.; SEAL,T.; SMITH, S.; KEENLEYSIDE, K.; GAUDET, C.; WONG, M AND FOX, R. 1996b. Application of ERLs and ERMs for assessing contaminated sediments: Response to Sampson, Pastorok and Ginn. **SETAC News 16**(5), 31-34.

MacDONALD, D.D. AND M. MACFARLANE. 1999 (draft). **Criteria for managing contaminated sediment in British Columbia**. British Columbia Ministry of Environment, Lands, and Parks. Victoria, British Columbia.

MacDONALD D.D., BERGER, T., WOOD,K, BROWN,J. JOHNSEN T. HAINES, M.L., BRYDGES, K. Mc.DONALD, SMITH, S.L.;SHAW D.P.A 1999. **Compendium of Environmental Quality Benchmarks**. Environment Canada 700-1200 West 73rd Avenue Vancouver, B.C. Canada V6P 6H9

MacDONALD, D.D., C.G. INGERSOLL, AND T.A. BERGER. 2000. Development and evaluation of consensus based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. **Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39**:20-31.

MacDONALD, D.D., L.M. DIPINTO, J. FIELD, C.G. INGERSOLL, and E.R. LONG. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment effect concentrations for polychlorinated biphenyls. **Environ.Toxicol. Chem. 19**:1403-1413.

MacDONALD D.. and INGERSOLL, CHRISTOPHER G. 2002.**A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater Ecosystems** *Volume I – An Ecosystem-Based Framework for Assessing and Managing Contaminated Sediments.114* PAG.

MacDONALD D. D. and CHRISTOPHER G. INGERSOLL 2002. **A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments**

in Freshwater Ecosystems *Volume III – Interpretation of the Results of Sediment Quality Investigations 198 pag.*

MacDONALD, D. D.; INGERSOLL C. G.; D. E. SMORONG AND LINDSKOOG R. A., 2003.Development and Applications of Sediment Quality Criteria for Managing Contaminated Sediment in British Columbia, British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, Victoria, 2003.

MACLAREN, P. & BOWLES, D.. The effects of sediment transport on grains-size distribuitions. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, OK, **55**(4):457-70. 1985.

McCRONE, A & KOCH R.. **Some Geochemical Porperties of Hudson River sediments**, **Kingston to Manhatten, Husdson River**. Ecology Symposium., New York Hudson River Valley Commission. 41-59. 1966.

MARCUS, W.A.. Contamination of aquatic sediments. Identifcation, regulation and remediation. **Environ. Law. Rep. 21**:10020-10032. 1991.

MARCUS, W.A. & KEARNEY, M.S.. Upland and coastal sediments . source in a Cheseapeake Bay estuary. **Ann. Assoc. Am. Geogr**. **81**:408-424. 1993.

MARENGO, E.; GENNARO, M. C.; ROBOTTI, E; ROSSANIGO, P.; RINAUDO, C.; ROZ-GASTALDI, M.; Investigation of anthropic effects connected with metal ions concentration, organic matter and grain size in Bormida river sediments Anal. Chem. Acta 2006, 560, 172.

MARGALEF, R. **Limnología**. Barcelona, Omega.. 1010p. 1983.

MARQUES, E. C. **As diferentes formas de nitrogênio e a influência destes no meio ambiente.** Porto Alegre. PUCRS. 103p. Instituto de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Relatório de estágio. 1995.

MARTIN, R. B.; SIGEL, H. Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity. In: SIGEL, H. , ed. **Metal in ions biological systems.** New York, Marcel Dekker, 1980. v.18, p.21-65.

MARTINS, L.R.S.. Considerações sobre o valor da assimetria curtosis na análise estatística. **Noticias Geomorfológicas**, Campinas, S.P., **5**(9/10):31-8. 1962.

McCANNON, R.B.. Multiple component analysis and its applications of environments. **The American Association of Petroleum Geologist Bulletim**, Tulsa, OK, **52**(11):2178-96. 1968.

McGRAW,-HILL, **SPSS-X User´s guide**, 2nd ed. Chicago, 1986.

McGRAW,-HILL, **SPSS-X Advanced Statistics Guide**, ed. Chicago, 1986.

MICHELSEN, T. 1999. **Contaminated sediments: When is cleanup required? The Washington State Approach**. Pgs. 74-77. In: Deciding when to intervene. Data interpretation tools for making sediment management decisions beyond source control. Sediment Priority Action Committee. Great Lakes Water Quality Board. Report to the International Joint Commission. Based on a workshop at the Great Lakes Institute for Environmental Research in Windsor, Ontario. December 1-2, 1998.

MIDDLETON, G.V.. Hydraulic interpretation ofsand size distribution. **Journal of Geology**, **84**:405-26.1976.

Ministério do Desenvolvimento Agrário - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA/RS 2007.**RELATÓRIO AMBIENTAL DO PROJETO DE ASSENTAMENTO ESTÂNCIA DO FUNDO CANDIOTA/RS**, 88 pg. (Relatório Inédito)

MOORE, D.W., T.S. BRIDGES, AND J. CORA. 1998. **Use of risk assessment in dredging and dredged materials management.** Technical Note DOER-RI. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS.

MOSS, A.J.. The physical nature of common sandy and pebbly deposits. Part1. **American Jour. Science, 260**:337-373. 1962.

MOZETO, A. & ZAGATTO, P.A., 2006. **Introducao de Agentes Quimicos no Ambiente**. In *Ecotoxicidade Aquática: Princípios e Aplicações*. Sao Carlos: Rima, pp. 15-37.

NASCIMENTO, M. R. L. 2003. **Proposição de Valores de referencia para a concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da Bacia hidrográfica do Rio Tiete, São Paulo**. Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciencias exatas e de Tecnologia São Carlos, São Paulo, 142 paginas.

NEGRET, R.. **Ecossistema: Unidade básica para o planejamento da ocupação territorial, Ecologia e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, FGV 99p. 1982.

NORMANN, J. O.. Lake Vattern: Investigations on shore and bottom morphology. **Geogr. Ann**. **1-2**: 1-238, 1964.

NORMANN, J. O & KONIGSSON, L.K. The sediment distribution in Lake Vattern and some analyses of cores from its southern basin. **Geol. Foren Stockholm Forh 94**:489-513.1964.

NRIAGU, J.O A silent Epidemic of Environmental Metal Poisoning**. Environmental Pollution, 50**:139-161, 1988.

NTEKIM, E.E.U.; EKWERE,S.J.;UKPON, E.E. Heavy metal distribution in sediments from Calabar river, southeastern Nigeria. **Environmental Geology 21**:237-41, 1993.

OHLE, W. Ebulition of gases sediment, condition and relationship the primary production of lakes. Verh. Int. **Ver. Limnol. 20**:957-962, 1972.

OTTO, G. M. A modified logarithmic probability graph for the interpretation of mechanical analyses of sediments. **Journal Sedimentary Petrology**, Tulsa,. **9**:62-76. 1939.

PARSON, E.A., 1995. Integrated assessment and environmental policy making : In pursuit of usefulness.***Energy Policy*****, 23**(4-5), 463-475.

PASSEGA, R. Texture as characteristic of clastic deposition. **Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.**, **41**:1952-84. 1957.

PASSEGA, R.. Grain size representations by CM patterns as a geological tool. **Journal of Sedimentary Petrology, 34**:830-47. 1964.

PASSEGA, R. & BYRANJEE, R.. Grain size image of clastic deposits. **Sedimentology**, Amsterdan, **13**(3/4):233-52. 1969.

PEDDICORD, R.K, C.R. LEE, and R.M ENGLER. 1998. **Use of sediment quality Guidelines (SQGs) in dredged material management**. Dredge Research Technical Note EEDP-04-29. Long-Term Effects of Dredging Operations Program. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

PELLETIER, B. R.. A re-examination of the use the silt/clay ratios as indicators of sedimentary environments: a study for students. **Marit. Sedim., 9**:1-12. 1973.

PERSEAUD, D.R.; JAAGUMAGI, R; HAYTON A. 1993. **Guidelines for protection and management of aquatic sediments in Ontário**. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy. Toronto, Canada.

PHILLIPS, O. M.. On the generation of waves by turbulent wind. **Journal Fluids Mchanics, 2**(5):417-425.

POSSOLI, S. Análise multivariada. Porto Alegre: UFRGS. 88p.. **Cadernos de matemática, série B, n.10**, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1992.

RAWSON, D.S. The total mineral content Lake Waters. **Ecology 32**:669-672, 1951.

RAWSON, D.S. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. **Verh. Int. Ver Limnol. 12**:164-75, 1955.

ROBINSON, G. Trace adsorption potential of phases comprising black coatings on stream pebbles. **Journal of Geochemical Exploration 17**:205-219, 1982.

SAHU, B. K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. **Journal Sedimentary Petrology**, Tulsa, **34**:73-83. 1964.

SALOMONS, L. and J. Brils, Contaminated Sediments in European River Basins EVK1-CT-2001– 2002, 2005-European Sediment Research Network, http://www.sednet.org/, 2004; V. Roussiez, W. Ludwig, J.-L. Probst and A. Monaco,**Environmental Pollution,** 2005, 138, 167–177.

SCHÄFER, A.. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre, Editora da Universidade, UFRGS, 532p, 1985.

SCHNEIDER, F.. Determination of amonia and Kjeldahl nitrogen by indophenol method. Oxford. England. **Wat. Res**., **10**:31-6. 1976.

SCHROEDER, H. A. **The trace elements and man**. Old Greenwich. The Devin-Adair Company, 1973.

SEATLHER, O. A. Chironomid communites as water quality indicators. **Holartic Ecol**. **2**:65-74. 1979.

SHEA, J. H.. Deficiencies of clastic particles of certain sizes. **Jour. Sed. Petrology 44**:985-1003. 1974.

SHEEHAN, P. **Appraisal of tests to predict the environmental behaviour of chemicals. SCOPE 25 of The International Council of Scientific Unions**. New York. John Wiley & Sons, 1985.

SHEPARD, F.P., 1954, Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: **Journal of Sedimentary Petrology, 24:** 151-158.

SILVANO,J.; RAYA-RODRIGUEZ,M.T. Evaluation of metals in water sediment and fish of azul lake, na open-air originaly coalmine (Siderópolis, Santa Catarina state, Brazil). *Acta Limnológica Brasiliensis*, 15 (3), 2003, p.71-80.

SILVÉRIO, P. F.. 2003. Bases técnico-científicas para derivações guias de qualidade de sedimentos para metais experimentos de campo e de

laboratório. Tese de Doutorado escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo São Carlos. 145 pag. São Paulo.

SLY, P.G.. **The significance of sediment deposits in large lakes and their energy relationships**. In: Proceeeding of the Symposium of the Hidrology of Lakes (IHS-AISH Publication 109), Helsink, Finland, pp 383-396.1973.

SLY, P.G.:THOMAS, R.L.:PELLETIER, B. R. Interpretation of moment measures derived from water-lain sediments. **Sedimentology 30**:219-33. 1973.

SMITH, I.R. & SINCLAIR, I. J.. Deep-water waves in lakes. **Freshw. Biol. 2**:387-99. 1972.

SMITH, V.H. & SHAPIRO, J. Chlorophyl-phosphorus relations in individual lakes: their importance to take restoration strategies. **Envir. Sci. Technol. 15**: 444-50, 1981.

SMITH, S.L., D.D. MACDONALD, K.A. KEENLEYSIDE, C.G. INGERSOLL, and L.J. FIELD. 1996. A preliminary evaluation of sediment quality assessment values for freshwater ecosystems. **J. Great Lakes Res.22**(3):624-638.

SOKAL, R.R. & SNEATH, P.H.A.. **Principles of numerical taxonomy**. San Francisco, W.H. Freeman and Co. 359p. 1963.

SPENCER, D. W.. The interpretation of grain-size distribution curves of clastic sediments. **Journal Sedimentary petrology 33**:180-90. 1963.

STAHL, R.G., 2001. *Risk* ***Management: Ecological Risk-Based Decision-Making***, Setac Press.

STIGLIANI, W.M. 1991. Chemical time bombs. Definition, concepts and examples. Executive reports 16. Luxemburg.

STIGLIANI, W., 1988, Changes in Valued "Capacitties" of Soils and Sediments as Indicators of Nonlinear and Time-Delayed Environmental Effects", **Environmental Monitoring and Assessment, 10**:245

STIGLIANI, W., 1992, **"Overview of the Chemical Time Bomb Problem in Europe"**, In: Proceedings of the European State-of-the-art Conference on Delayed Effects of Chemicals in Soils and Sediments, Holanda, pp. 13-29.

STUMM, W. & MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry. Na introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters I**. 2 ed. Neew York: John Wiley & Sons. 1981.

SUGUIO, K.. **Introdução a Sedimentologia**. São Paulo, Edgar Blucher. 317p. 1973.

SUN, S., and S.A. BOYD. 1991. Sorption of polychlorobiphenyls (PCB) congeners by residual PCB-oil phase in soils. **J. Environ. Qual. 20**:557-561.

SUTER, G.W. II. 1996. **Risk characterization for ecological risk assessment of contaminated sites**. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, TN. ES/ER/TM-200.

SUTER, G.W. II and C.L. TSAO. 1996. **Toxicological benchmarks for screening potential contaminants of concern for effects on aquatic biota**: 1996 revision. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN. ES/ER/TM-96/R2.

SWAIN, P. H. & DAVIS, S.M. (Ed). **Remote sensing: The quantitative approach**. New York McGraw Hill. 1988.

SWARTZ, R.C. 1999. Consensus sediment quality guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures. **Environ. Toxicol. Chem. 18**:780-787. 24.

SWARTZ, R.C.; SHULTZ, D.W.; DISTWORTH, G.R.; DEBEN, W.A. COLE, F.A.. 1985.Sediment toxicity contamination and macrobenthic communities near a large eswage outfall. Pp 152-175. In: Validation and predict Tabelaility of Laboratory Methods for Assessing the fate and effects of Contaminants in Aquatic Ecosystems. T.T. Boyle (ed) American Society for testing and Materials STP 865. Philadelphia, P.A.

TANNER, W. F.. The zig-zag nature of tipe I and type Iv curves. **Journ. Sed. Petrology, 28**:372-75. 1958.

TANNER, W. F.. Sample components obtances by the method of differences**. Jour. Sed. Petrology, 29**:408-411. 1959.

TANNER, W. F. The zig-zag nature of type I and Type IV curves. **Journal of Sedimentary Petrology**. Tulsa, **34**:156-64. 1964.

TAROZO, R.; FRENAA, M AND MADUREIRA, L. A. S. 2010.Geochemical Markers as a Tool to Assess Sedimentary Organic Matter Sources of the Laguna Estuarine System, South Brazil: Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. **Sociedade Brasileira de Química .J. Braz. Chem. Soc., Vol. 00**, No. 00, 1-11.

THIENNEMANN, A.. Die Binnengewasser Mitteleuropas. **Die Binnengewasser, 1**:1-255. 1925.

THIENNEMANN, A.. Der Produktionnsbegriff in der Biologie. **Arch Hiydrobiol 22**:616-622, 1931.

THORME, L. & NICLESS, G.. The relation between heavy metals and particle size fractions within the seven estuary (U.K.) intertidal sediments. **The Science of Total Environments, 19**:207-13, 1981.

THOMAS, R. L.; KEMP, A L. W.; LEWIS C. F. H.. Distribution, composition, and characteristcs of the surficial sediments of Lake Ontário. **Scientifcs serie nº10. Geologial Survey of Canada, paper 72-17,** 1972

THOMAS, R. L.; KEMP, A. L. W.; LEWIS, C. F. M... The surficial sediments of Lake Huron. **Can. J. Earth Sci., 10**:226-271. 1973.

THOMAS, R. L.; JAQUET, J.M., KEMP A.L.W.; LEWIS,C.F.M. Surficial Sediments In Lake Erie. **J. Fish Res. Bd. Can. 33:**385-403, 1976.

TOMA, H. E.. Biorgânica - os elementos inorgânicos em sistemas biológicos. **Ciência e Cultura, 37**(1); 3-15 , 1985.

TUREKIAN, K.K., WEDEPOHL, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. **Geological Society of America Bulletin 72**, 175–192.

TVER, D.F.. **Dictionary of dangerous polluants ecology and environment**. New York. Industrial Press, 1991.

UDDEN, J.. Mechanical composition of clastic sediements**. Bull. Geol. Soc. Am. 25**:655-744. 1914.

UPCHURCH, S. B.. Mixed populations sediment in nearshore environments. Proc. **13th Conference Great Lakes Res.** 768-78. 1970.

USEPA. Summary analysis of the North American (US portion) ºE.C.D. Eutrophication Project: nutrient loading-lake response relationships and trophic state indices. **Ecological Research Series, EPA-600/3 - 78/008**. Carvallus, OR, 1978.

USEPA, 1992. ***Framework for Ecological Risk Assessment***, Washington, D.C.: USEPA.

USEPA. 1992a. **Sediment classification methods compendium**. Office of Water. EPA 823-R-92-006.

USEPA. 1992b**. Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term**. Publication 9285.7-081. May 1992.

USEPA. 1993. **Technical basis for deriving sediment quality criteria for nonionic organic contaminants for the protection of benthic organisms by using equilibrium partitioning.** EPA 822-R- 93-011. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water, Washington D.C.

USEPA. 1997. **The incidence and severity of sediment contamination in surface waters of the United States. Volume 1: National sediment quality survey**. EPA 823-R-97-006. Office of Science and Technology. Washington, D.C.

USEPA. 1997. **Ecological risk assessment guidance for Superfund: Process for designing and conducting ecological risk assessments.** Interim Final. EPA 540-R-97-006.

USEPA, 1998. *Guidelines for Ecological Risk Assessment*, U.S. Environmental Protection Agency. Available at: http://oaspub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=36512.

USEPA. 2000a. **Technical basis for the derivation of equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: Nonionic organics**. U.S. EPA Office of Science and Technology. Washington, D.C.

USEPA. 2000b. **Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: Metal mixtures (cadmium, copper, lead, nickel, silver, and zinc).** U.S. EPA. Office of Science and Technology. Washington, D.C.

USEPA. 2000c. (Final Draft). **Equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: PAH mixtures**. Office of Science and Technology and Office of Research and Development.

VALENTIN, J. L. Agrupamento e ordenação. In: PERES-NETO, P. R.; VALENTIN, J. L. & FERNANDEZ, F. A. S. (eds) **Oecologia Brasiliensis, vII**: Tópicos em tratamentos de dados biológicos. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.27-55. 1995

VAN DEN BRINK, P.J., 2008. Ecological Risk Assessment: From Book-Keeping to **Chemical Stress Ecology. , 42**(24), 8999-9004.

VAN DER SLUIJS, J.P., 2002. **Integrated Assessment Responding to global environmental change. In *Encyclopedia of Global Environmental Change***. Chichester: Jonh Willey & Sons, pp. 250-253.

VISHER, G. S. Fluvial processes as interpreted from ancient and recent fluvial deposits. p.116-133. In: Middleton G.V. (ed). Primary

Sedimentary Structures and their hydrodinamic interpretation. **Soc. Econ. Paleontologist and Mineralogist** pub.nº **12**.1965.

VISHER, G.S.. Grain size distributions and depositional process. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, **39**:1074-106. 1969.

VOLLENWEIDER, R. A Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication . **Rep.OECD,DAS/Sci/68.27**, Paris 192p., 1968.

VROM. 2000. Circular on Target Values and Intervention Values for Soils Remediation: DBO/1999226863. **Netherlands Government Gazette. 39:**1-11.

WARD, F.1974. **Cluster analysis**. London Heinemann Educational Books.230pag.

WDNR. 1992a. **Background document on assessing ecological impacts and threats from contaminated sediments**. PUBL-WR-322-93.

WDNR. 1992b. **Guidance for assessing ecological impacts and threats from contaminated sediments**. PUBL-WR-321-93.

WENNING, R.J., INGERSOLL, C.G., 2002. **Summary of the SETAC Pellston workshop on use of sediment quality guidelines and related tools for the assessment of contaminated sediments,** Fairmont, Montana, USA, 17–22 August 2002. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola, FL, USA.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**. **30**:377-92.1932.

WHATELY, M., SANTORO, P.F. & TAGNIN, R.A., 2008. ***Contribuição para a elaboração de leis específicas de mananciais - o exemplo da Billings*****, Sao Paulo**: Instituto Socioambiental. Available at: www.mananciais.org.br/upload_/billings-2008.pdf.

WHO, 2010. **Preventing Disease through healthy Environments: Action is needed on chemicals of major public health concern**. Disponível em :http://www.who.int/ipcs/features/10chemicals_en-.pdf

WIEDERHOLM, T. **Use of benthic comunities in lake monitoring**. In: The use of ecological variables in environmental monitoring, 196-211. National Swedish Environmental Protection Beach. SNV.PM 1151 Solna.

WSDE, Washington Administrative Code1995.Title 173, Chapter 204-**Sediment Management Standards**, Washington State Department of Ecology, Olympia.

YANES-ARANCIBA, A.. Lagunas costeras y estuários: cronologia, critérios e conceptos para una classificação ecologica de sistemas costeros. In: Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira. 1987. Cananéia, SP. Síntese de Conhecimentos São Paulo: **ACESP, 3**:1-38. 1987.

ZAHRADNIK, P.. **Methods for chemical analysis of inland waters. Lecture note for the International Post-graduate training Couse on Limnology**. LimnologishenInstitut Osterreiichische Academic der Wiassenschaftem. 43p. 1981.

ZARBA, C.S. 1992. **Equilibrium partitioning approach. In: Sediment classification methods compendium**. EPA 823-R-92-006. Office of Water. U.S. EPA. Washington, D.C.

ZENKOWITC, V. P. On the genesis of cuspate spits along Lagoon Shore**. Journal of Geology 67**:269-79, 1958.

ZHENG, NA; WANG QICHAO; LIANG, ZHONGZHU; ZHENG, DONGMEI .2008.Characterization of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China **Environmental Pollution** 154:135-142.

5. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS FITOPLÂNCTON, PERIFÍTON, ZOOPLÂNCTON, MACROFAUNA BENTÔNICA E ICTIOFAUNA.

Os bioindicadores ambientais aquáticos foram coletados nas estações amostrais anteriormente apresentadas no quadro 3.1.

5.1 Introdução

Esse relatório final apresenta os resultados compilados relativos ás quatro coletas realizadas no período de novembro de 2016 a julho de 2017, bem como a interpretação destes no monitoramento da biota aquática da área de influência direta da Usina Termelétrica de Candiota, tendo sido objeto de estudo as comunidades fitoplanctônicas, perifíticas e zooplanctônicas.

Para tanto, foram utilizados dados de abundância absoluta, Riqueza específica, Diversidade de Shannon e Equitatividade destes grupos para a identificação das respostas da biota aquática ás ações antropogênicas no sistema.

5.2 Metodologia

Na coleta de Fitoplâncton, para as análises quantitativas de superfície, as amostras foram tomadas submergindo o frasco de coleta a aproximadamente 15 cm da superfície da água. Para as análises qualitativas, utilizou-se um recipiente de 20 L, submerso a aproximadamente 15 cm da superfície da água, sendo seu volume filtrado em rede de plâncton com porosidade de 30 µm.

As amostras foram acondicionadas em recipiente de polietileno de 250 mL e conservadas em formol a 4%.

A coleta do Perifíton segue as recomendações de Round (1993) e Kelly *et al.* (1998). Foram coletados, em cada estação amostral, cinco seixos, dos quais foram raspados 25 cm^2 de material de cada seixo, formando uma

amostra composta de 125 cm^2. O material foi coletado de seixos submersos e orientados para a velocidade da corrente. A remoção do Perifíton se deu com o auxílio de uma escova de cerdas flexíveis, sendo o mesmo acondicionado em frascos com água destilada e fixado com formalina (Round, 1993; Lobo *et al.*, 1995; Kelly *et al.*, 1998). Não foi possível amostrar a comunidade perifíticas no ponto 5, por se tratar de um ambiente sem a presença de seixos.

A quantificação das algas epilíticas foi realizada pelo método de Utermöhl (1958), utilizando câmaras de sedimentação sob microscópio invertido. Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 2 ml e o material foi deixado sedimentar por no mínimo 24 horas. Cada célula, filamento ou cenóbio foi considerado um indivíduo. Estimou-se o número de indivíduos por cm^2 utilizando a fórmula de Wetzel & Likens (1991) modificada por Schwarzbold (1992), conforme segue:

$$\mathbf{N = [(n * V)/v] * (1/S)}$$

onde:

N = número de indivíduos por cm²
n = número total de indivíduos contados
V = volume da amostra com material raspado
v = volume dos campos contados
S = superfície do substrato em cm²

A coleta do zooplâncton foi realizada retirando-se cerca de 300 litros de água com o auxílio de uma bomba de sucção e filtrados em uma rede de plâncton de 57 µm de abertura de malha para a concentração de material biológico.

As amostras obtidas, com volume final de 250 mL, foram fixadas imediatamente com formaldeído P.A. na concentração de 4% do volume do frasco e neutralizada com bórax a 1%.

As análises qualitativas foram realizadas com exame ao microscópio óptico, binocular, com aumento de até 400 vezes.

As análises quantitativas foram realizadas através de contagens numéricas ao microscópio estereoscópico. Para as contagens de indivíduos pertencentes aos grupos de Cladocera e Copepoda (copepoditos e adultos), foi utilizada câmara de contagem de Bogorov. Para as contagens de Rotifera e náuplios de Copepoda foi utilizada uma câmara de Sedgewick-Rafter em microscópio óptico. Os valores obtidos para densidade absoluta de organismos estão expressos em número de indivíduos por metro cúbico de água (Nº. ind.m^{-3}).

Na identificação taxonômica das espécies zooplanctônicas utilizou-se as chaves de identificação, diagnoses e descrições dos seguintes autores: RUTTNER-KOLISKO (1974), KOSTE (1978), MONTU & GOEDEN (1986) e ELMOOR-LOUREIRO (1997).

A diversidade biológica para o plâncton foi calculada utilizando-se o índice de SHANNON-WINNER, através da fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^{s} (ni / N) \times \ln (ni / N),$$

Onde:

S = número de espécies;
ni = número de indivíduos em cada espécie;
N = número total de indivíduos.

A riqueza considerada é o número de espécies e a equitatividade ou uniformidade, se refere à distribuição dos organismos nos táxons. A equitatividade foi calculada através da equação:

$$E = H' / Hmax$$

Onde:

H´ = é a diversidade de espécies obtida pelo índice de SHANNON-WINNER, e Hmáx é a diversidade de espécies sob condições de máxima equitatividade, obtida do logaritmo do número de espécies da amostra.

Para o tratamento dos dados, foi utilizado o pacote estatístico Past (HAMMER et. al. 2001).

5.3 Resultados

5.3.1 FITOPLÂNCTON

Ao total, 150 espécies de microalgas planctônicas foram registradas durante as quatro campanhas amostrais, distribuídas em 8 grupos taxonômicos: Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanobacteria, Dynophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae (tabela 1). O grupo mais representativo foi Bacillariophyceae (53 espécies), seguido de Chlorophyceae (39 espécies).

A classe Dynophyceae foi a única que não esteve presente em todas as campanhas amostrais, não tendo sido registrada na coleta de abril de 2017. *Nitzschia palea, Achnanthidium minutissimum* e *Gomphonema parvulum* apresentaram maior frequência nesse ano de coleta, 83,3%, 70,8% e 56,6% respectivamente.

De acordo com LOBO et al. (2006), *G.parvulum* e *N.palea* fazem parte do grupo A, que são as diatomáceas mais tolerantes à poluição orgânica. Já *A. minutissimum* está no grupo B, são as espécies que toleram a poluição.

A maior densidade de organismos, durante esse ano amostral, foi representada por táxons da classe Bacillariophyceae, seguida por Chlorophyceae (Figura 5.3.1.1). A presença constatante de diatomáceas, em todos os pontos amostrais, nas quatro coletas, somente demonstra o quanto esses organismos são tolerantes à ambientes contaminados com matéria orgânica.

Tabela 5.3.1.1 - Táxons identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2016 a julho de 2017.

Bacillariophyceae	**Chlorophyceae**	**Cyanobacteria**
Achnanthidium minutissimum	*Ankistrodesmus fusiformis*	*Cylindrospermopsis raciborskii*
Achnanthidium sp.	*Chlamydomonas cf. planctogloea*	Dolichospermum
Amphipleura lindheimeri	*Chlamydomonas sórdida*	*Lyngbya* sp.
Amphipleura sp.	*Chlamydomonas* sp. 1	*Oscillatoria* sp
Amphora sp.	*Chlamydomonas* sp. 2	Oscillatoriales
Aulacoseira granulata	*Chlorella* sp.	*Planktolyngbya cf. limnetica*
Aulacoseira sp.	*Chlorella vulgaris*	*Planktolyngbya contorta*
Capartogramma crucicula	*Chlorobium* sp.	*Pseudoanabaena cf. catenata*
Cocconeis placentula	*Chlorococcales* sp.	*Pseudoanabaena* sp.1
Cyclotella meneghiniana	*Chlorophyceae filamentosa*	*Pseudoanabaena* sp.2
Cymbella tumida	*Closteriopsis* sp.	**Dinophyceae**
Diploneis sp.	*Desmodesmus bicaudatus*	*Ceratium* sp.
Encyonema mesianum	*Desmodesmus quadricauda*	*Peridinium* sp.1
Encyonema minutum	*Dictyosphaerium pulchellum*	*Peridinium* sp.2
Encyonema sp.	*Koliella* sp.	**Euglenophyceae**
Eunotia sp.	*Monoraphidium arcuatum*	*Euglena acus*
Fragilaria sp.	*Monoraphidium circinale*	*Euglena* sp.1
Frustulia sp.	*Monoraphidium contortum*	*Euglena* sp.2
Gomphonema angustatum	*Monoraphidium grifithii*	*Euglena* sp.3
Gomphonema cf olivaceum	*Monoraphidium irregulare*	*Lepocinclis fusiformes*
Gomphonema gracile	*Monoraphidium minutum*	*Lepocinclis ovum*
Gomphonema parvulum	*Monoraphidium nanum*	*Lepocinclis* sp.
Gomphonema sp.1	*Monoraphidium* sp.	*Phacus longicauda*
Gomphonema sp.2	*Monoraphidium tortile*	*Phacus orbicularis*
Gyrosigma sp.	Oocytis	*Phacus pyrum*
Hantzschia amphyoxis	*Pandorina morum*	*Phacus* sp.
Hantzschia sp.	*Scenedesmus acuminatus*	*Strombomonas fluviatilis*
Melosira varians	*Scenedesmus ecornis*	*Strombomonas scraba*
Navicula cryptocephala	*Scenedesmus linearis*	*Strombomonas* sp.
Navícula cryptotenella	*Scenedesmus ovalternus*	*Strombomonas verrucosa*
Navicula lanceolata	*Scenedesmus quadricauda*	*Trachelomonas cf. oblonga*
Navicula sp.1	*Scenedesmus quadricauda*	*Trachelomonas* sp.1
Navicula sp.2	*Scenedesmus* sp.1	*Trachelomonas* sp.2
Navicula sp.3	*Scenedesmus* sp.2	*Trachelomonas volvocina*
Nitzschia acicularis	*Sphaerocystis* sp.	*Trachelomonas volvocinopsis*
Nitzschia cf. sigmoidea	*Tetraedron minimum*	**Zygnemaphyceae**
Nitzschia clausii	*Tetrastrum triangulare*	*Closterium cf. aciculare*
Nitzschia fruticosa	*Treubaria* sp.	*Closterium cf. kuetzingii*
Nitzschia palea	Ulothrix	*Closterium moniliferum*
Nitzschia sp.1	**Chrysophyceae**	*Closterium* sp. 1
Nitzschia sp.2	*Chrysococcus sp.*	*Closterium* sp. 2
Pennales sp.1	*Mallomonas* sp. 1	*Cosmarium cf. contractum*
Pennales sp.2	*Mallomonas* sp. 2	*Cosmarium* sp.1

Pinnularia cf. gibba
Pinnularia sp. 2
Pinnularia sp. 3
Pinnularia sp.1
Sellaphora cf. pupula
Surirella sp.
Surirella tenera
Synedra acus
Tryblionella sp.
Ulnaria ulna
Synura sp
Cryptophyceae
Cryptomonas curvata
Cryptomonas erosa
Cryptomonas sp.1
Cryptomonas sp.2
Cryptomonoas marssoni
Rhodomonas lacustres
Rhodomonas minuta
Rhodomonas sp.
Cosmarium sp.2
Cosmarium sp.3
Euastrum sp.
Mougeotia
Staurodesmus sp.
Zygnemaphyceae flamentosa

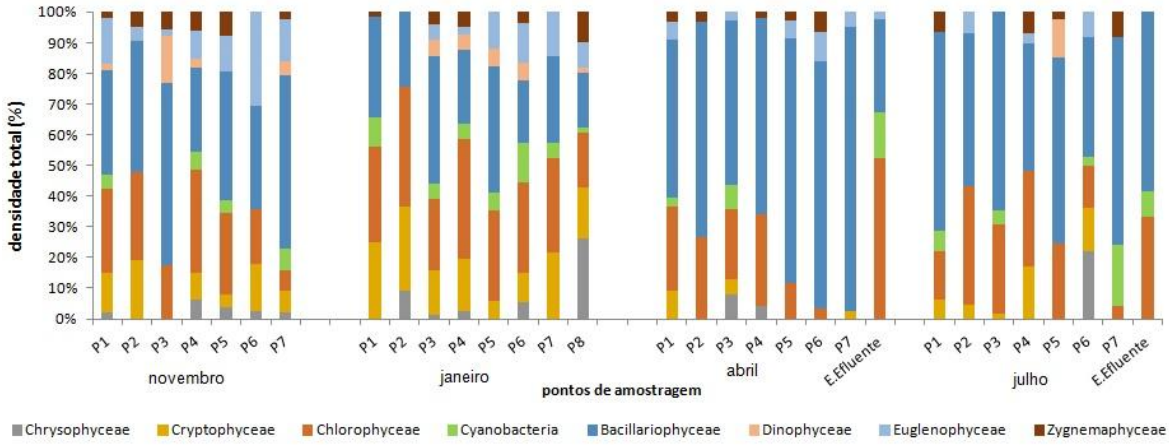


Figura 5.3.1.1 - Densidade relativa dos grupos da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2016 à julho de 2017.

Durante esse ano de campanha os maiores valores de riqueza específica foram encontrados nos pontos 1 (37 táxons) e 4 (35 táxons) na coleta do outono. Já os menores valores foram encontrados na coleta de inverno, variando entre 28 táxons (P1) e 10 táxons (P4) (Figura 5.3.1.2).

A coleta do mês de novembro de 2016, apresentou a menor média de densidade fitoplanctônica, variando de 635,6 ind mL^{-1}(P3) à 333,7ind mL^{-1} (P5). Já os maiores valores de densidade foram observados na coleta do mês de abril de 2017, variando entre 2382,5ind mL^{-1} (P6) e 3742,5ind mL^{-1} (E.Efluente) (Figura 5.3.1.3).

De acordo com o índice de diversidade de Shannon, os pontos 1, 3 e 4 são as estações amostrais com melhor qualidade. Durante o ano de coleta, o valor de diversidade variou entre 3,0 nats ind^{-1} nos meses de novembro de

2016 e janeiro de 2017, e 2,4 nats ind^{-1} nos meses de abril e julho de 2017. O maior valor foi observado no ponto 1 (1,8 nats ind^{-1}) em abril de 2017 (Fig. 5.3.1.4).

Por não ter ocorrido dominância no período de amostragem, a equitabilidade manteve-se estável. Os valores não sofreram mudanças significativas, com excessão do ponto 6, na coleta de abril de 2017, que ficou abaixo de 0,80 (Fig.5.3.1.5). Isso é justificado pelo valor elevado de diversidade de *Nitzschia palea* (1229,7 ind.mL-¹), no ponto 6, no outono.

A densidade total de espécies, nos meses de novembro de 2016 e janeiro de 2017, manteve-se entre 245 ind.mL-¹ (P2) e 714,2 ind.mL-¹ (P1). Já nos meses de abril e julho de 2017 os valores aumentaram significativamente, ficando entre 2382,5 ind.mL-¹ (P6) e 3496,9 ind.mL-¹ (P3) A ocorrência dos grupos algais observados está em consonância com os encontrados em outros estudos, tais como o de Peresin et al. (2014).

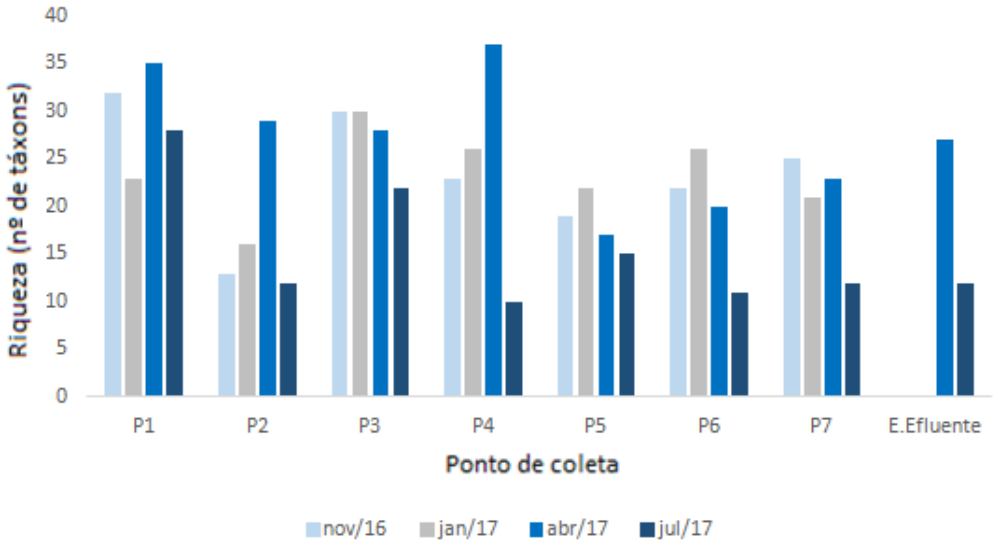


Figura 5.3.1.2 - Riqueza de espécies fitoplanctônicas, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

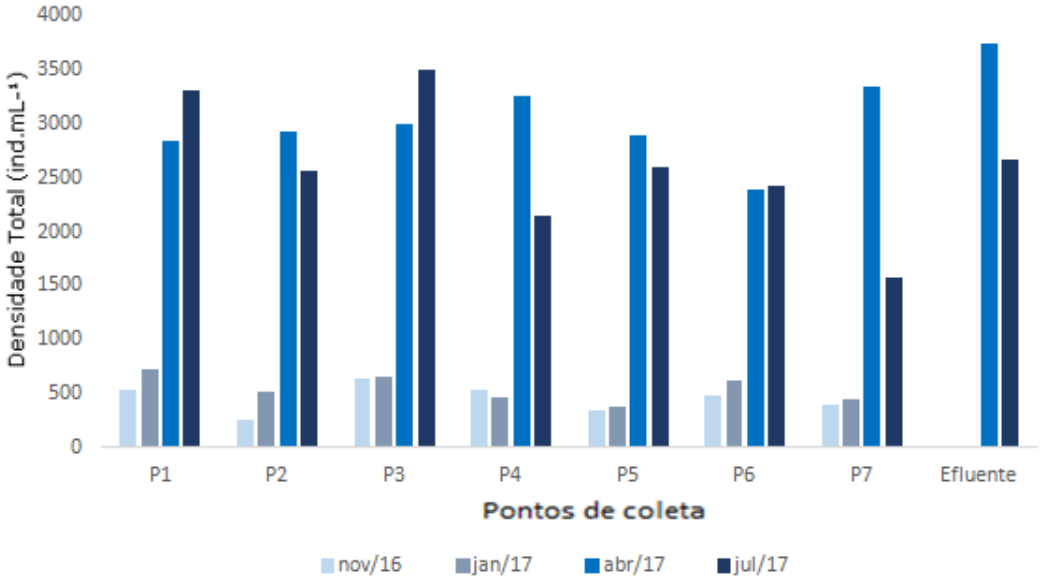


Figura 5.3.1.3 - Densidade total da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

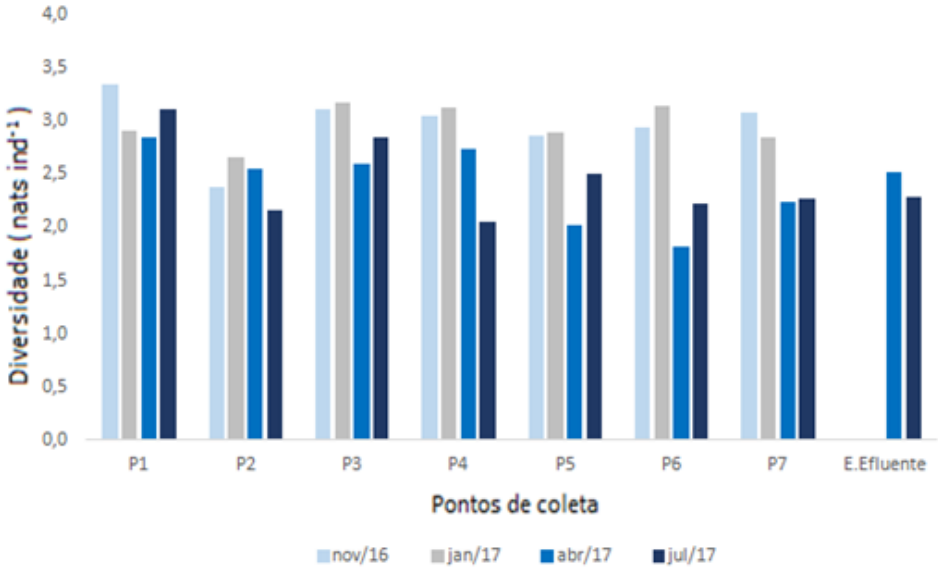


Figura 5.3.1.4 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

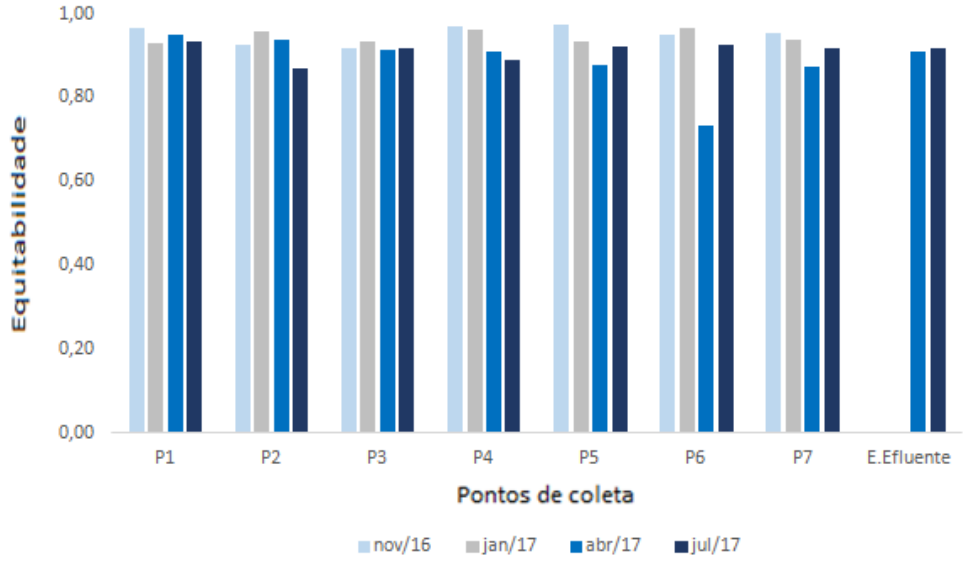


Figura 5.3.1.5 - Equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Considerando-se a estrutura da comunidade fitoplanctônica espacialmente, os pontos amostrais foram muito semelhantes entre si quanto à densidade, equitabilidade e diversidade, sendo que os valores variaram pouco entre os pontos estudados (Fig. 5.3.1.6). A riqueza apresenta algumas variações de valores, mais significativas, quando analisamos os dados correlacionados com os pontos de coleta. No entanto, considerando a escala temporal, é possível notar que a densidade total apresentou valores maiores nos meses mais frios (abril e julho), em comparação aos meses mais quente (novembro e janeiro). Já os maiores valores de diversidade foram observados nos meses mais quentes (novembro e janeiro) (Figura 5.3.1.7).

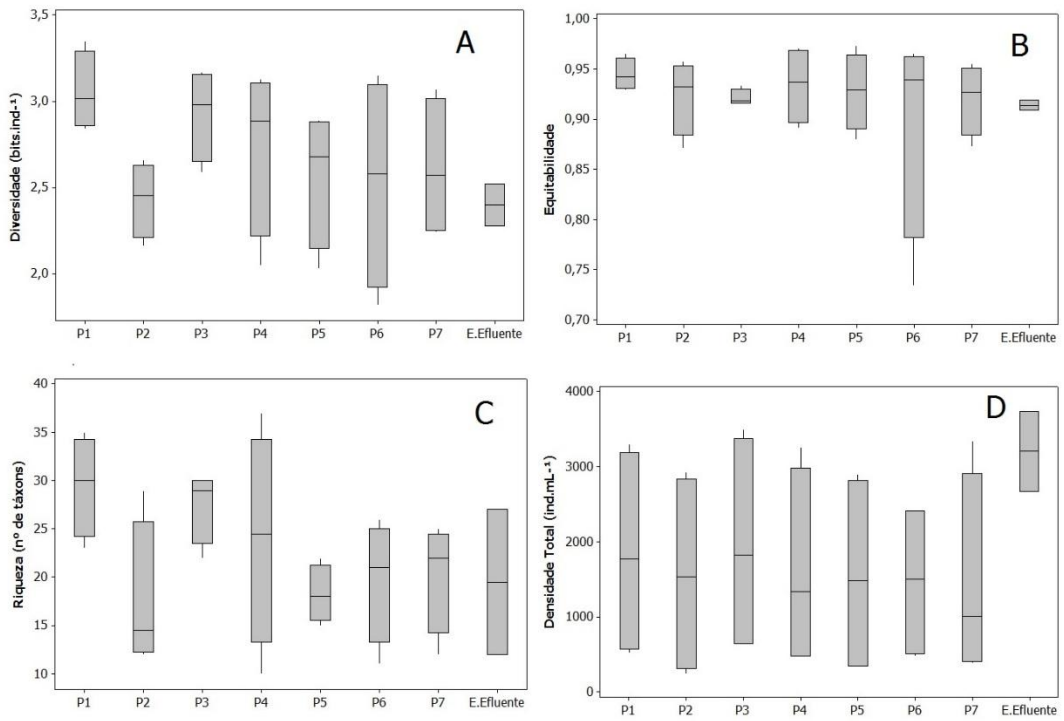


Figura 5.3.1.6 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL⁻¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

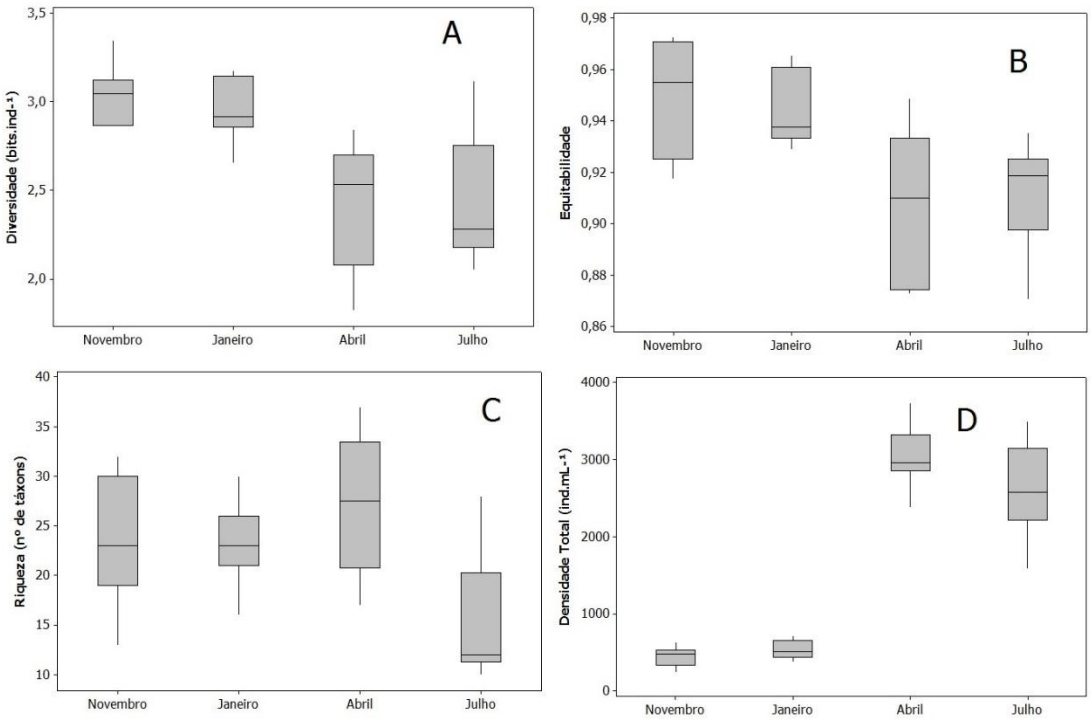


Figura 5.3.1.7 - Boxplot (medianas, quartis, n = 8) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL^{-1}) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Referências Bibliográficas

Bicudo,C.E.M & Menezes,M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Ed.RiMa. São Carlos, SP, 490p.

Lobo, E.A. & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.,** 22: 1-29.

Lobo, E.A. ; Salomoni, S. E.; Rocha, O.; Calegaro, V. L. Epilithic diatoms as indicatores of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil.**Hydrobiologia, v.559, p.233-246, 2006.**

Padisák, J. 2003. Phytoplankton. In O'Sullivan, P. E. & Reynolds, C. S. (editors) **The Lakes Handbook 1. Limnology and Limnetic Ecology**: 251-308. Blackwell Science Ltd. Oxford.

Shannon, C.E., Weaver, W. 1963. **The Mathematical Theory of Communication**. Illinois University Press: Urbana, USA.

Utermöl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, 9: 1-38.

Wetzel, R. G. & Likens, E. 1991. **Limnological Analysis**. Springer-Verlag, New York. 391 p.

5.3.2 PERIFITON

Nesse ano de campanha (novembro de 2016 a julho de 2017), foram registrados 131 táxons de algas (Tabela 5.3.2.1), pertencentes às classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanobacteria, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. Dinophyceae foi a classe com menor número de táxons, somente constatou-se uma espécie (*Ceratium furca*) no ponto amostral 5, no mês de julho de 2017. Já os grupos mais representativos foram Bacillariophyceae (65 espécies), seguido de Chlorophyceae (24 espécies). Os organismos que apresentaram maior frequência foram *Nitzschia palea* (75,9%), *Achnanthidium minutissimum* (72,4%), *Gomphonema parvulum* (65,5%) e *Aulacoseira granulata* (48,3%). As espécies *G.parvulum* e *N.palea*, são diatomáceas muito tolerantes à contaminação orgânica (Lobo,E.A., et al, 2006).

A maior densidade de organismos, durante esse ano amostral, foi representada por táxons da classe Bacillariophyceae, seguida por Chlorophyceae (Figura 5.3.2.1).

A presença constante das diatomáceas em todos os pontos amostrais demonstra o que MARGALEF (1983) afirma que as diatomáceas desenvolveram estratégias que as permitem explorar e manter sua comunidade estável, em ambientes lóticos. A principal adaptação é a capacidade de adesão em substratos.

Tabela 5.3.2.1 - Táxons identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2016 a julho de 2017.

Bacillariophyceae	*Nitzschia palea*	**Cryptophyceae**
Achnantes cf. oblongella	*Nitzschia* sp.1	Crytophyceae sp.
Achnantes sp.	*Nitzschia* sp.2	*Cryptomonas erosa*
Achnanthidium exiguum	*Penales* sp.	**Cyanophyceae**
Achnanthidium minutissimum	*Pinnularia microstauron*	*Aphanocapsa* sp.
Achnanthidium sp.	*Pinnularia* sp.1	*Chroococcus* sp.
Amphipleura sp.	*Pinnularia subcapitata*	*Geitlerinema* sp.
Amphora sp.	*Planothidium frequentissimum*	*Homeothryx* sp.
Asterionella formosa	*Sellaphora pupula*	*Leptolyngbya* sp.
Aulacoseira granulata	*Stauroneis* sp.	*Lyngbya* sp.
Aulacoseira granulata cf. angustissima	*Stenopterobia* sp.	*Merismopedia tenuissima*
Capartogramma crucicola	*Surirella* sp.1	Oscilatorialles
Cocconeis placentula	*Surirella* sp.2	*Oscilattoria* sp.
Cymbella cymbiformis	*Surirella tenera*	*Phormidium* sp.
Cymbella sp.	*Synedra acus*	*Planktolyngbya limnetica*
Cymbella tumida	*Synedra* sp.	*Pseudanabaena* cf. *catenata*
Diadesmis sp.	*Terepsinoë musica*	*Pseudanabaena* sp.
Diploneis sp.	*Ulnaria ulna*	**Dinophyceae**
Encyonema minutum	**Chlorophyceae**	*Ceratium furca*
Encyonema sp.	*Bulbochaete* sp.	**Euglenophyceae**
Eunotia bilunaris	*Chlamydomonas* sp	*Euglena acus*
Eunotia exigua	Chlorococcales	*Euglena* sp.1
Eunotia sp.	Desmodesmus	*Euglena* sp.2
Fragilaria capucina	*Eudorina* sp.	*Euglena tripteris*
Fragilaria sp.	Filamentosa N.I	*Lepocinclis* sp.
Gomphonema angustatum	*Monoraphidium arcuatum*	*Phacus orbicularis*
Gomphonema olivaceum	*Monoraphidium contortum*	*Phacus* sp.
Gomphonema parvulum	*Monoraphidium griffithii*	*Strombomonas* sp.
Gomphonema sp. 1	*Monoraphidium minutum*	*Strombomonas verrucosa*
Gomphonema sp. 2	*Monoraphidium nanum*	*Trachelomonas* sp
Gomphonema sp. 3	*Monoraphidium* sp.1	*Trachelomonas volvocinopsis*
Gomphonema sp. 4	*Monoraphidium* sp.2	**Zygnemaphyceae**
Gyrosigma cf. *acuminatum*	*Monoraphidium tortile*	*Closterium aciculare*
Gyrosigma sp.1	*Oedogonium* sp	*Closterium* cf. *kuetzingii*
Hantzschia amphyoxis	*Oocystis* sp.	*Closterium moniliferum*
Hipodonta sp	*Pandorina morum*	*Closterium setaceum*
Luitocola geopartiana	*Pediastrum* sp.	*Closterium* sp.1
Melosira varians	*Pediastrum tetras*	*Cosmarium* sp.1
Navicula cryptocephala	*Scenedesmus* sp.1	*Cosmarium* sp.2
Navicula cryptotenella	*Scenedesmus* sp.2	*Cosmarium* sp.3
Navicula lanceolata	*Scenedesmus* sp.3	*Euastrum* sp.

Navicula sp.1
Navicula sp.2
Nitzschia aciculares
Nitzschia cf. *amphibia*
Nitzschia cf. *dissipata*
Nitzschia cf. paleacea
Nitzschia clausii
Stigeoclonium sp.
Ulothrix sp.
Chrysophyceae
Chrysophyceae sp.1
Chrysophyceae sp.2
Mallomonas sp.
Filamentosa N.I
Mougeotia sp.
Staurastrum sp.

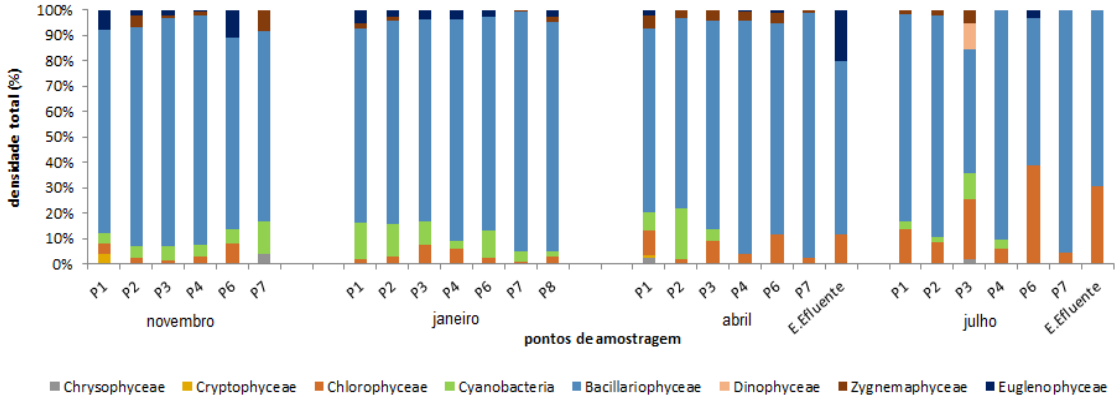


Figura 5.3.2.1 - Densidade relativa dos grupos da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

O ponto 1, no mês de abril de 2017, apresentou o maior valor de riqueza específica (32 táxons), seguido pelos pontos 3 e 4 (30 táxons), na coleta de novembro de 2016.A menor riqueza foi observada na Estação Efluente (6 táxons) na coleta de julho de 2017 (Figura 5.3.2.2). Já os maiores valores de densidade total foram registrados na coleta de abril, nos pontos 4 (20.162,7 ind cm^{-2}), 7(12.511 ind cm^{-2}) e 6 (9.635,6 ind cm^{-2}), enquanto o menor valor foi observado no ponto 7 (102,1 ind cm^{-2}) em novembro de 2016 (Figura 5.3.2.3).

O índice de diversidade de Shannon e a Equitabilidade, na maioria dos pontos manteviveram-se constantes nas épocas de coleta. Os pontos amostrais 6 e 7 apresentaram uma queda no valor, dos dois índices, quando comparado à coleta anterior.Porém na amostragem seguinte (abril), apresentaram um aumento nos valores dos índices equivalendo os outros pontos amostrais (Figuras 5.3.2.4 e 5.3.2.5).

As espécies registradas nas regiões de coleta, são comumente encontradas em ambientes em ecossistemas aquáticos do estado (TORGAN et al., 1999; SALOMONI et al., 2017).

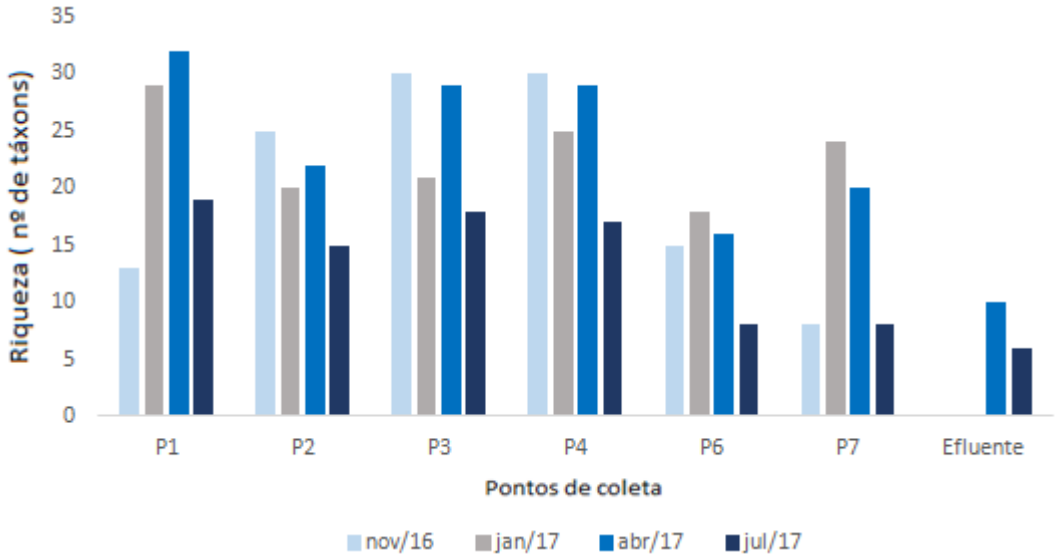


Figura 5.3.2.2 - Riqueza de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

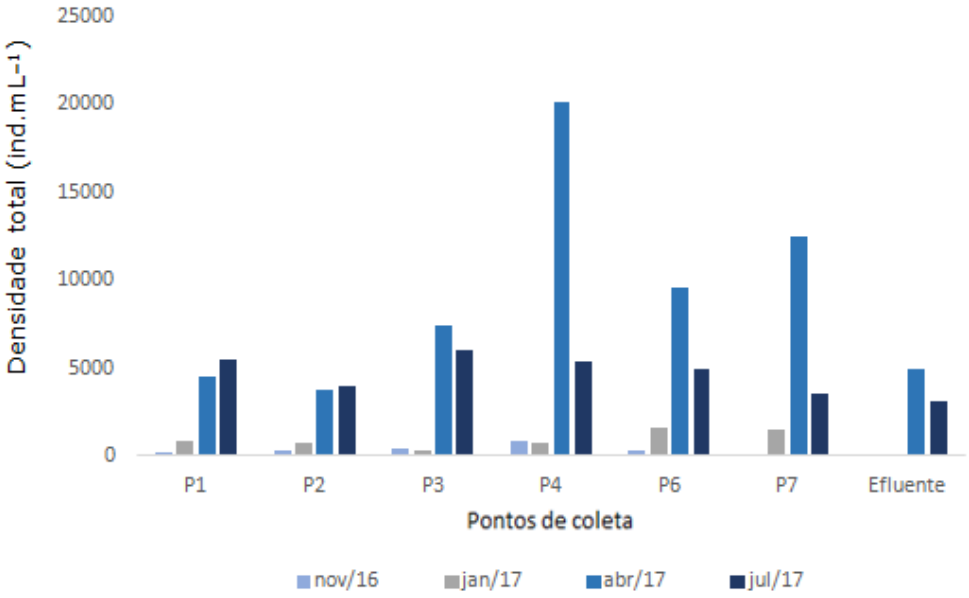


Figura 5.3.2.3 - Densidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

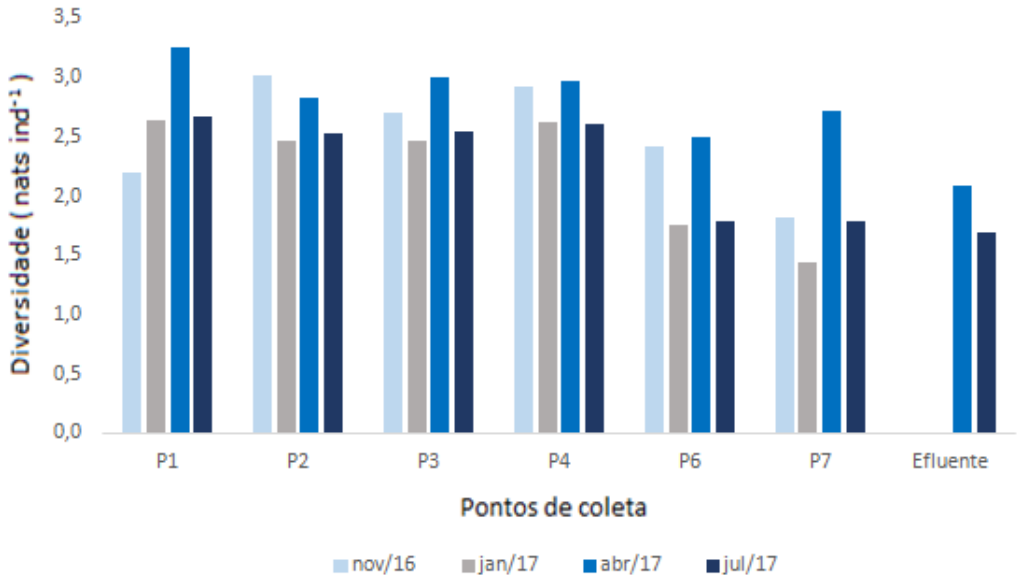


Figura 5.3.2.4 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

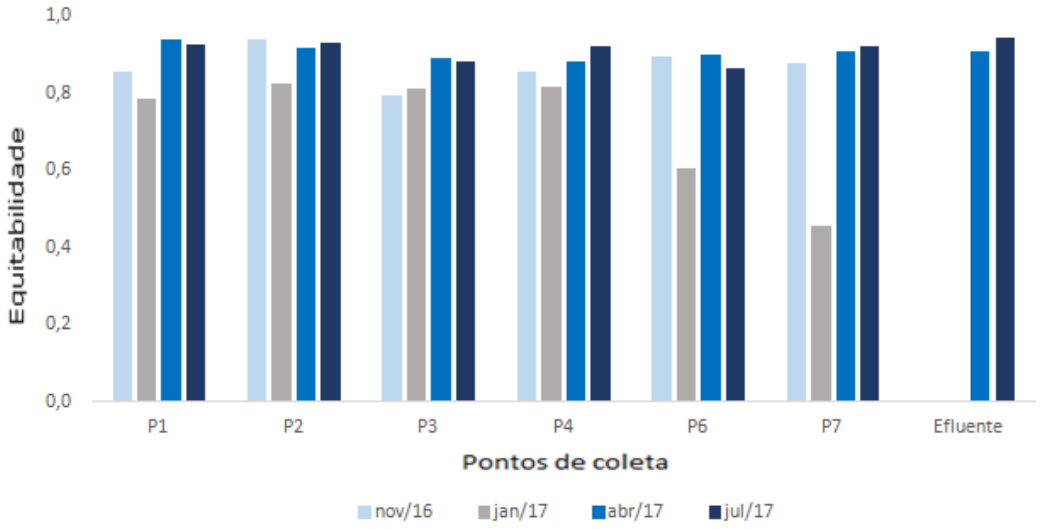


Figura 5.3.2.5 - Equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Através da análise das figuras 5.3.2.6 e 5.3.2.7, é possível afirmar que a densidade das algas perifíticas varia mais em relação à época de coleta, do que com a localização dos pontos amostrais.

Analisando os dados de densidade relacionada com os pontos amostrais, esses mantiveram-se constantes. No entanto, quando correlacionamos os dados com as estações do ano, percebemos que a densidade nas épocas mais frias (abril e julho) é maior que na época do ano mais quente (novembro e janeiro).

Já a riqueza é mais influenciada pelos pontos amostrais.Considerando os valores de equitabilidade, não houve mudança significativa quando comparamos os dados relacionados com os pontos de coleta e com a época que foram amostrados.

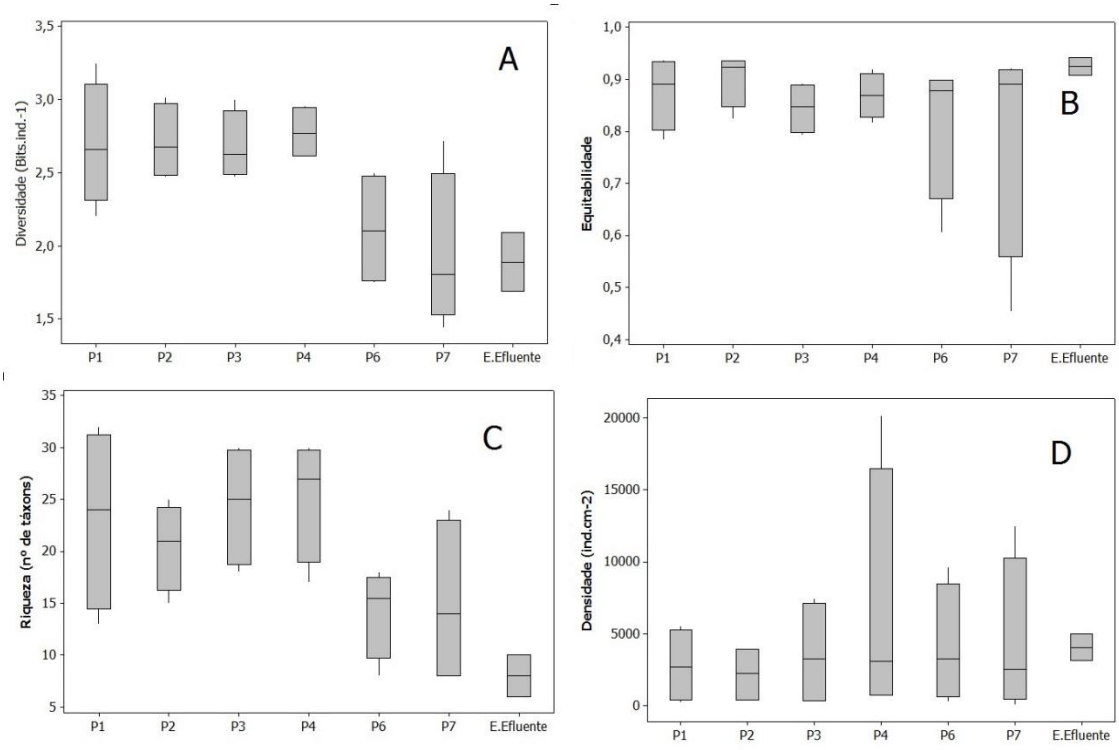


Figura 5.3.2.6 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL⁻¹) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 à julho de 2017.

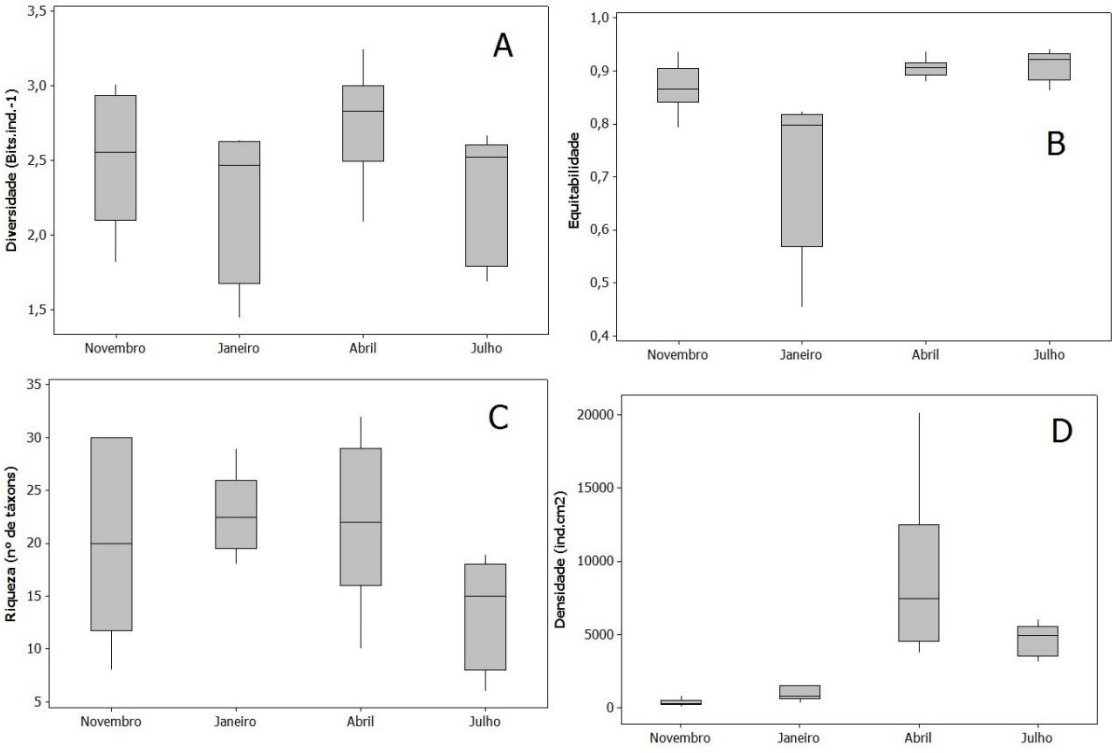


Figura 5.3.2.7 - Boxplot (medianas, quartis, n = 7) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL⁻¹) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2016 à julho de 2017.

Os compartimentos Fitoplâncton e Perifíton têm como responsável técnica a Bióloga Esp. Daniela de Carvalho Leite Ribeiro.

Referências Bibliográficas

Allan, J. D. & Castillo, A. M. 2007. **Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters**. 2a ed. Springer, Dordrecht. 436p.

Borics, G., Várbíró, G.; Grigorszky, I.; Krasznai, E.; Szabó, S. & Kiss, K. T. 2007. A new evaluation technique of potamoplankton for the assessemnt of the ecological status of rivers. Large Rivers, 17. **Archiv für Hydrobiologie Supplement**, 161: 465–486.

Kelly, M. G.; Cazaubon, A.; Coring, E.; Dell´Uomo, A.; Ector, L.; Goldsmith, B.; Guasch, H.; Hürlimann, J.; Jarlman, A.; Kawecka, B.; Kwandrans, J.; Laugaste, R.; Lindstrom, E. –A.; Leitao, M.; Marvan, P.; Padisák, J.; Pipp, E.; Prygiel, J.; Rott, E.; Sabater, S.; Van Dam, H. & Vizinet, J. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. **J. Appl. Phycol.**, 10: 215-224.

Laux,M. & Torgan,L.C. 2011. Diatomáceas com plastídeos no plâncton da foz dos rios do Delta do Jacuí, sul do Brasil: um complemento à

taxonomia tradicional. Porto Alegre. IHERINGIA,Série Botânica,v.66 , n.1, p109-132.

Lobo, E. A.; Katoh, K. & Aruga, Y. 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area. **Freshwater Biol.**, 34: 191-204.

Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.,** 22: 1-29.

Margalef, R. 1983, **Limnologia.** Ed.Omega, Barcelona, 1010p.

Round, F. E. 1993. **A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality.** HMSO Publisher, London. 63p.

Schwarzbold, A. 1992. **Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoques do perifíton de *Eichhornia azurea* (Sw) Künth da Lagoa do Infernão.** São Carlos, Universidade Federal de São Carlos. 237 p. (Tese de Doutorado).

Steinman, A. D. & McIntire, C. D. 1990. Recovery of lotic periphyton communities after disturbance. **Environmental Management**, 14: 589-604.

Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, 9: 1-38.

Wetzel, R. G. & Likens, E. 1991. **Limnological Analysis**. Springer-Verlag, New York. 391 p.

5.3.3 ZOOPLÂNCTON

O zooplâncton está aqui representado pelos táxons Rotifera, Cladocera e Copepoda.

Foram identificados no período, um total de 131 espécies do zooplâncton, sendo 16 Cladocera, 12 Copepoda e 104 Rotifera, conforme listagem abaixo.

CLADOCERA

Alona davidi
Alona sp.
Bosmina longirostris
Bosminopsis deitersi
Ceriodaphnia cornuta cornuta
Ceriodaphnis sp.
Ceriodaphnia quadrangula
Chydorus sphaericus
Daphnia cf. *gessneri*
D. ambigua
Diaphanosoma sp.
Ilyocryptus spinifer
Macrothrix triserialis
Moina micrura
Moina minuta
Moina sp.

COPEPODA

Acanthocyclops michaelseni
Acanthocyclops vernalis
Acanthocyclops vernalis f. robusta
Megacyclops viridis
Diacyclops uruguaiensis
Ectocyclops sp.
Eucyclops serrulatus
Eucyclops solitarius
Mesocyclops longisetus
Notodiaptomus incompositus
Paracyclops fimbriatus
Tropocyclops prasinus

ROTIFERA

Anuraeopsis fissa
Ascomorpha ecaudis
Ascomorpha ovalis
Ascomorpha sp.
Asplancna sp.

Bdelloidea

Beauchampiella eudactylota
Brachionus angularis
Brachionus angularis f. pseudodolabratus
Brachionus bidentata bidentata
Brachionus caudatus f. austrogenitus
Brachionus dolabratus dolabratus
Brachionus falcatus falcatus
Brachionus forficula forficula f reducta
Brachionus patulus Macracanthus
Brachionus patulus patulus
Brachionus plicatilis
Brachionus quadridentatus quadridentatus
Brachionus urceolaris
Cephalodella gibba
Cephalodella sp.
Colurella obtusa
Colurella sp.
Colurella uncinata
Colurella uncinata bicuspidata
Colurella uncinata uncinata
Conochilus coenobasis
Conochilus unicornis
Dipleuchlanis propatula
Euchlanis dilatata
Filinia longiseta
Filinia opoliensis
Filinia terminalis

continua

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Continuação

Floscularia cf. noodti
Hexarthra intermedia braziliensis
Kellicottia bostoniensis
Keratella americana
Keratella cochlearis
Keratella cochlearis tecta
Keratella lenzi
Keratella quadrata
Keratella tropica
Lecane (H) inopinata
Lecane (H) kluchor
Lecane (M) bulla bulla
Lecane (M) closterocerca
Lecane (M) decipiens
Lecane (M) hamata
Lecane (M) lunaris
Lecane (M) lunaris f. perplexa
Lecane (M) monostyla
Lecane (M) quadridentata
Lecane (M) stenroosi
Lecane (M.) lunaris
Lecane cf. *glypta*
Lecane cf. *hornemanni*
Lecane cf. *imbricata*
Lecane cf. *inopinata*
Lecane cf. *levistila*
Lecane cf. *subtilis*
Lecane cf. *thienemanni*
Lecane curvicornis
Lecane flexilis
Lecane inermis
Lecane leontina
Lecane ludwigi
Lecane luna
Lecane luna var. *presumpta*
Lecane signifera
Lecane sp.
Lecane subtilis
Lecane tabida
Lepadella acuminata acuminata
Lepadella cf. quadricarinata
Lepadella ovalis
Lepadella patella
Lophocharis oxysternon
Macrochaetus collinsi
Macrochaetus sericus
Monommata sp.
Mytilina cf. *mucronata*
Mytilina sp.
Mytilina ventralis
Paradicranophorus cf. hudsoni
Platyas quadriconis
Polyarthra cf. dolychoptera
Polyarthra cf. remata
Polyarthra cf. *vulgaris*
Pompholyx complanata
Pompholyx sulcata
Synchaeta oblonga
Testudinella cf. incisa
Testudinella mucronata hauerensis
Testudinella patina dendradena
Testudinella patina patina
Trichocerca (Diurella) bidens
Trichocerca bicristata
Trichocerca capuccina
Trichocerca cf. *bicristata*
Trichocerca cilindrica
Trichocerca pusilla
Trichocerca similis
Trichocerca sp.
Trichotria tectralis

Com relação a abundância absoluta das espécies coletadas, as figuras 5.3.3.1 e 5.3.3.2 mostram os resultados obtidos para o período estudado.

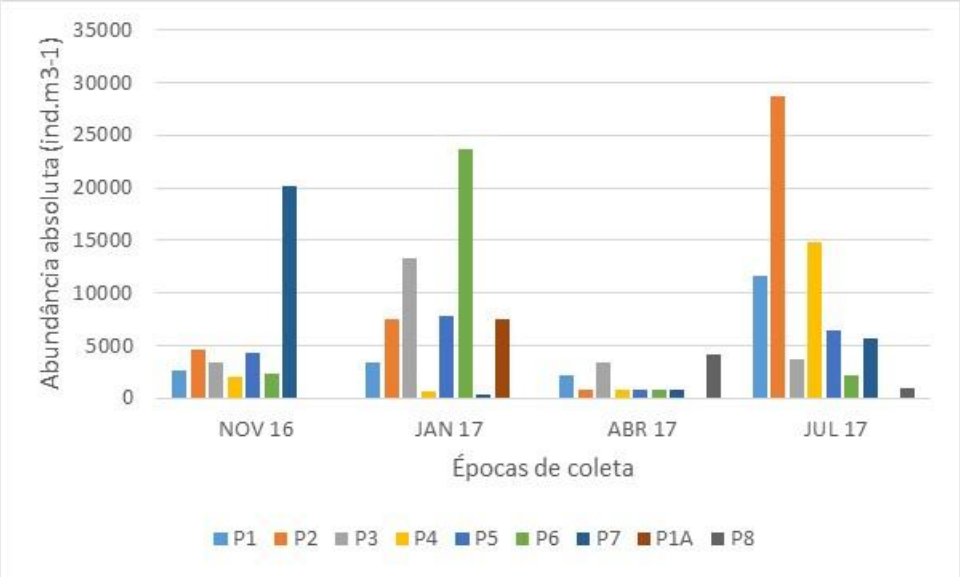


Figura 5.3.3.1 - Abundância absoluta (Indv.m_3^{-1}) dos indivíduos do zooplâncton por época de coleta, realizadas trimestralmente entre novembro de 2016 e julho de 2017.

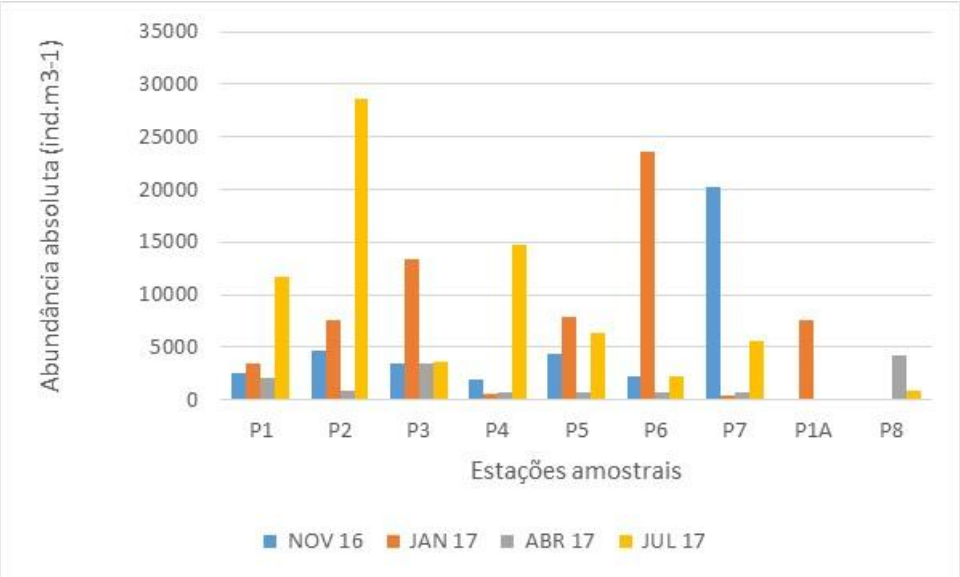


Figura 5.3.3.2 - Abundância absoluta (Indv.m_3^{-1}) dos indivíduos do zooplâncton por estação amostral, coletados trimestralmente entre novembro de 2016 e julho de 2017.

Foram significativos, em termos de abundância absoluta, os meses de julho de 2017 e janeiro de 2017, principalmente nas estações amostrais P2 e P6, respectivamente, conforme mostra a figura 5.3.3.1.

A estação denominada P8 – efluente, apresentou, principalmente em julho de 2017 o menor resultado para este quesito, ou seja, 925 ind.m_3^{-1} (Figura 5.3.3.2). Esta estação começou a ser estudada no âmbito do projeto de monitoramento apenas nos dois trimestres finais, sendo que somente foram amostrados os meses de abril e julho de 2017. Já no mês de abril, esta estação apresentou o maior resultado (4158 ind.m_3^{-1}), comparando-se com as demais.

Nos meses de julho de 2017 e janeiro de 2017, foram significativas as presenças principalmente de náuplios e copepoditos, além de *Conochilus unicornis* e *keratella cochlearis*. Estas duas espécies de Rotifera são planctônicas, micrófagas e filtradoras de pequenas partículas, fato que explica sua abundância principalmente no P2 em julho de 2017 (Figura 5.3.3.2). Sabe-se que o P2 representa um ambiente lêntico, característica que justifica melhores resultados para espécies com hábitat planctônico.

Com relação ao resultado da abundância absoluta para a estação P6, em janeiro de 2017, ressalta-se a importância novamente dos náuplios de Copepoda, além dos rotíferos *Brachionus forficula*, *K. cochlearis, Lecane leontina,* o gênero *Polyarthra* e *Trichocerca similis.* Neste mês de janeiro de 2017, o pH da água neste local estava em 6,3. Geralmente o pH deste local é ácido por causa da influência da mina. Além disso, a DBO_5 nesse local foi alta (10,0), indicando um importante recurso alimentar bacteriano para essas espécies. Nota-se que a estação P6 mostra uma importante recuperação de qualidade, uma vez que em anos anteriores não havia sequer a ocorrência de nenhum indivíduo.

Os resultados da riqueza de espécies estão compilados nas figuras 5.3.3.3 e 5.3.3.4.

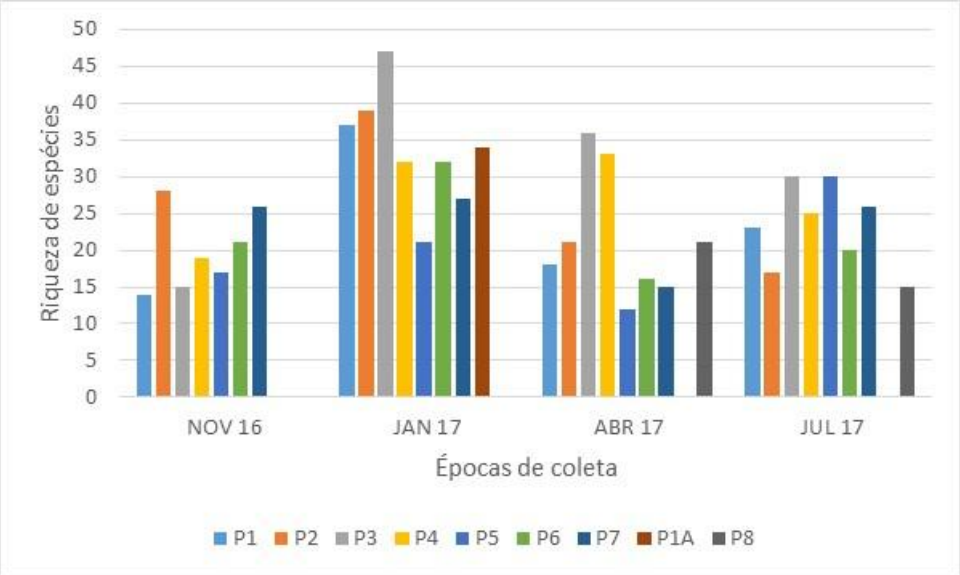


Figura 5.3.3.3 - Riqueza de espécies zooplâncton por época de coleta, nas coletas realizadas trimestralmente entre novembro de 2016 e julho de 2017.

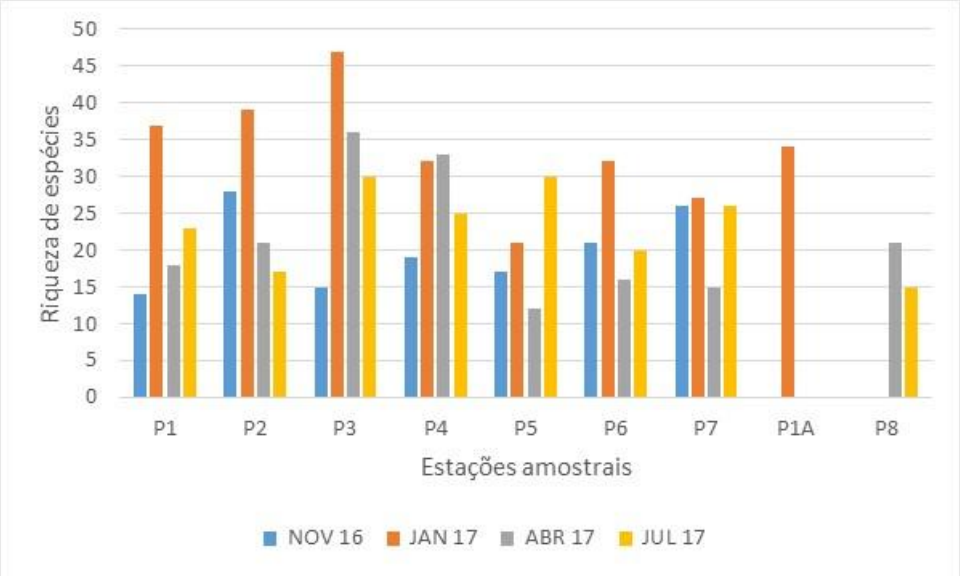


Figura 5.3.3.4 - Riqueza de espécies zooplâncton por estação de coleta, nas coletas realizadas trimestralmente entre novembro de 2016 e julho de 2017.

Os maiores resultados para a riqueza de espécies foram observados nas estações P3, P2 e P1.

Nessas, janeiro de 2017 foi o período de melhores resultados, conforme mostra a figura 5.3.3.3. Sabe-se que os meses mais quentes proporcionam

melhores recursos alimentares aos organismos do plâncton, uma vez que o metabolismo destes ambientes é acelerado pelo aumento da temperatura.

De uma forma geral, a estação P3 parece ser a de melhor qualidade neste quesito, em janeiro, abril e julho de 2017.

Nessa estação amostral, as maiores riquezas foram representadas pelas espécies de habitat bentônico como o gênero *Lecane* com o maior número de espécies.

Já a riqueza da estação P2, por ser um ambiente lêntico, foi representada, em janeiro de 2017, principalmente pela maior ocorrência dos Cladoceros plantônicos, como *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia cornuta* e *Diaphanosoma* sp.

Nas figuras 5.3.3.5 e 5.3.3.6 estão compilados os resultados da diversidade de Shannon.

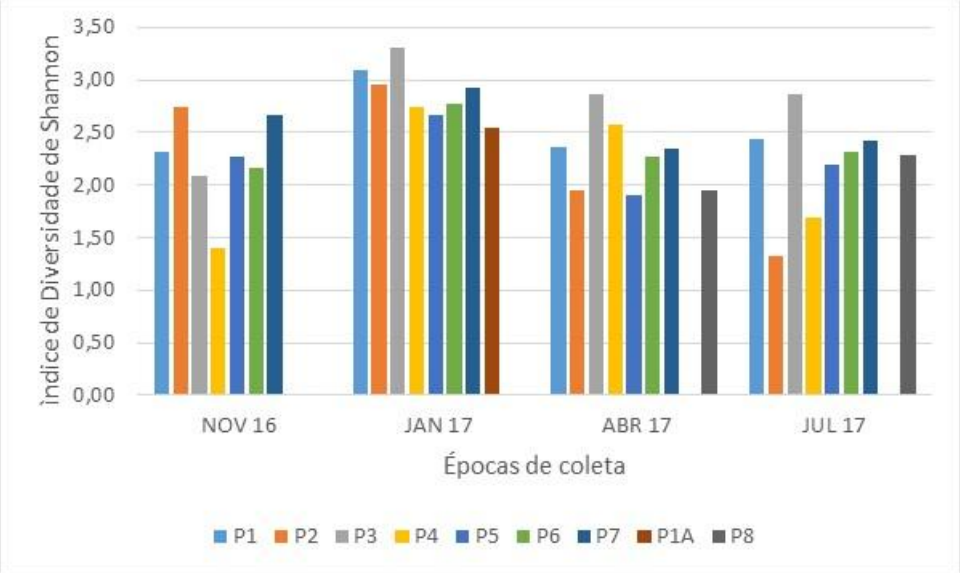


Figura 5.3.3.5 - Diversidade de Shannon para o zooplâncton, por época amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

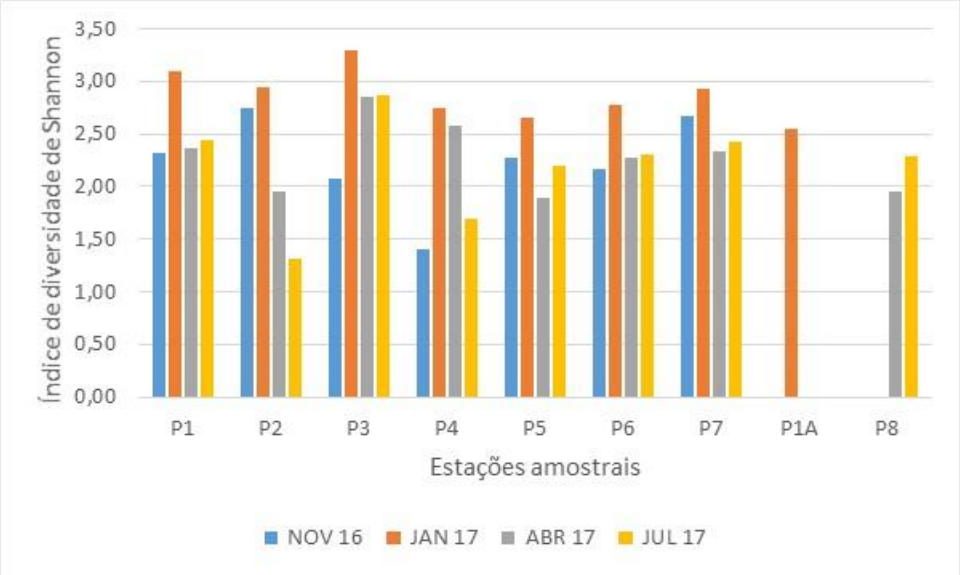


Figura 5.3.3.6 - Diversidade de Shannon para o zooplâncton, por estação amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

O índice de diversidade de Shannon revelou as estações P3 e P1 como de melhor qualidade, principalmente em janeiro de 2017.

Como ressaltado anteriormente na riqueza de espécies, o P3 apresentou uma boa variedade de espécies, principalmente de habitat bentônico.

Além disso, os meses de temperaturas mais elevadas aumentam a disponibilidade de alimento, fazendo com que a diversidade de espécies também aumente.

De uma forma geral, a estação P4 apresentou baixos valores para a diversidade em novembro de 2016 e julho de 2017 (juntamente á estação P2)

Quanto a equitatividade, mostrada nas figuras 5.3.3.7 e 5.3.3.8, janeiro de 2017 foi o mês com maior equilíbrio entre as espécies do zooplâncton.

A equitatividade representa a importância relativa das espécies nos diferentes ambientes. Neste caso, a estação P7 mostra os melhores resultados em abril e janeiro de 2017.

Na figura 5.3.3.8 pode-se observar a estação P4 com os menores resultados.

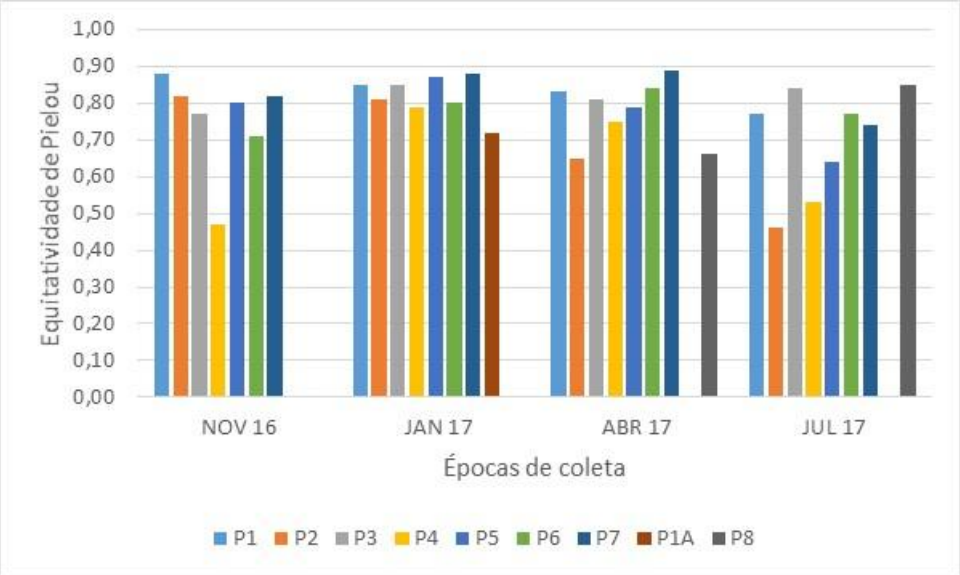


Figura 5.3.3.7 - Equitatividade para o zooplâncton, por época amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

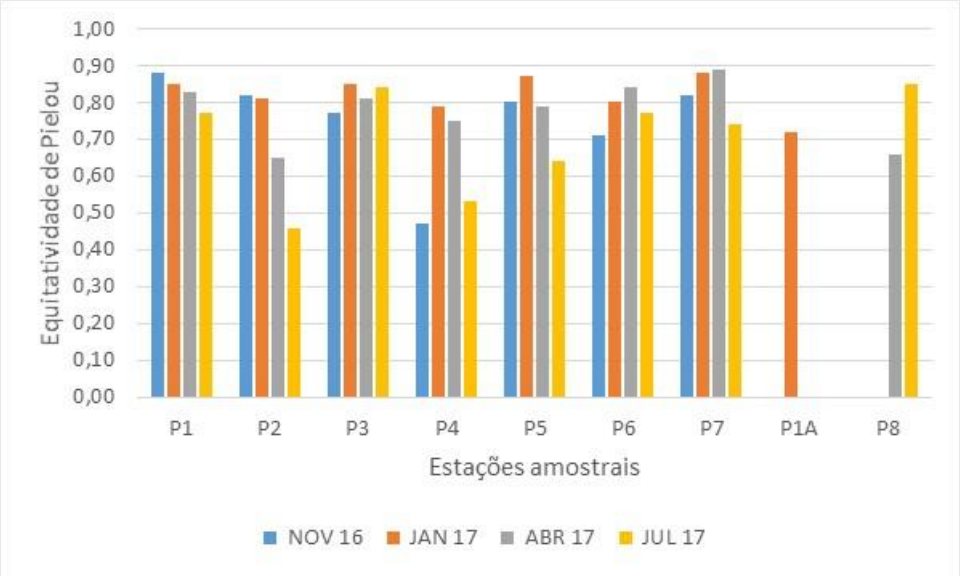


Figura 5.3.3.8 - Equitatividade para o zooplâncton, por estação amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Considerações Finais

Os resultados obtidos para o zooplâncton mostram principalmente o efeito da sazonalidade na composição e na estrutura da comunidade, e em segundo lugar a característica hidrológica e limnológica de cada estação amostral.

O mês de janeiro, por representar a época de maiores temperaturas, é mais propício para melhores resultados, seja de abundância de espécies, seja de riqueza ou diversidade, em todos os locais investigados.

Evidentemente o sistema investigado é heterogêneo, com características hidrológicas diferenciadas, uma vez que a estação P2 tem características de ambiente lêntico, assim como a estação P8 – efluente que sofre a influência do sistema de tratamento de esgotos da Usina Termelétrica. Por isso, a composição da comunidade é um pouco diferente dos outros locais. Nestas, ocorre o aumento da ocorrência das espécies verdadeiramente planctônicas.

Quando comparadas entre sí, de uma forma geral, a estação P3 parece apresentar a melhor qualidade ambiental. Outro resultado importante a se comentar é a sensível melhora da qualidade ambiental da estação denominada P6. Em coletas de anos anteriores, nas quais o pH deste local era bastante ácido, não existia sequer a ocorrência de qualquer espécie.

O compartimento Zooplâncton é de responsabilidade técnica da Bióloga Dra. Catarina da Silva Pedrozo.

Referências Bibliográficas

DAJOZ, R. *Ecologia Geral*. São Paulo: Ed. Vozes, EDUSP, 1973. 472p.

ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. *Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil*. Brasília, Universa, 1997. 155p.

JERSABEK, C D; E BOLORTSETSEG. Mongolian rotifers (Rotifera, Monogononta) – a checklist with annotations on global distribution and autecology. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. V. 159 (119-168). 2010

KOSTE, W. Rotatoria; *Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk Begründet von Max Voigt. Uberordnung monogononta,* 2. Aul. Berlin: Gebrüber Borntraeger. 1978. 637p.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

MONTU, M.; GOEDEN, I. M. *Atlas dos Cladocera e Copepoda (Crustacea) do estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil) Nerítica, Pontal do Sul, PR* 1(2):1-134, 1986.

POURRIOT, R. Food and feeding habits of Rotifera. Arch. Hidrobio. Bein. Engelm. Limnol. 10: 243-260. 1977

RUTTNER-KOLISKO, A. Plankton rotifers. *Biology and Taxonomy.* Die Binnengewässer. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, supplementary edition, v.XXVI, part 1, 1974. 146p.

5.3.4 MACROFAUNA BENTÔNICA

O presente relatório refere-se à avaliação dos organismos bentônicos das estações monitoradas na área de abrangência da Usina Termoelétrica de Candiota. Apresenta os resultados compilados relativos às coletas realizadas no mês de novembro de 2016 e nos meses de janeiro, abril e julho de 2017, bem como a interpretação destes no monitoramento da biota aquática da área de influência direta da Usina Termelétrica de Candiota.

Entre os vários componentes de qualidade biológica, os invertebrados bentônicos são fundamentais na avaliação do estado ecológico dos ecossistemas aquáticos, pois são variados táxons (insetos, crustáceos, moluscos entre outros) com múltiplas características ecológicas e de requisitos ambientais, vivendo toda ou parte da sua vida nesse ambiente, com limitada capacidade de deslocamento, sujeita a todo o tipo de alteração na qualidade da água e dos sedimentos, possibilitando que o estudo dessa comunidade diga muito acerca da integridade dos seus habitats.

Material e método

Conforme já explicitado, a estação EA8 foi incluída somente a partir da campanha de outono de 2017. Nas demais, as coletas foram sazonais com a primeira campanha na primavera de 2016. Para as amostragens nas áreas de corredeira e remanso da Bacia do Arroio Candiota foram utilizados dois amostradores. O Surber com área de 0,900m² e malha de 250µm nas áreas onde se observa maior atividade erosiva, onde predominam os substratos menos particulados, como pedras grandes e pequenas, seixos e cascalho grosso. A exceção das estações EA5 e EA7 devido às características do substrato. A draga Petersen (modificada) com área de 0.0345m^2 nas áreas em que se observa o predomínio de substratos mais particulados como cascalho fino, areia e silte. No laboratório as amostras que foram acondicionadas em sacos plásticos e fixadas em formol 10% em campo, foram lavadas em peneira de malha de 0,250 mm e conservadas em etanol 70°GL. Posteriormente foram integralmente analisadas sob

estereomiscroscópio, identificados com o microscópio Zeiss Primo Star, após a confecção de laminas.

De acordo com a necessidade foi utilizada bibliografia especializada como LOPRETTO & TELL (1995); McCAFFERTY (1981), MERRIT & CUMMINS (1984), PENNAK (1978). BUCKUP & BOND-BUCKUP (1999). Famílias e subfamílias da Classe Oligochaeta e subfamílias de Chironomidae foram identificadas a partir da confecção de lâminas semipermanentes, de acordo com as chaves de BRINKHUST & MARCHESE (1989), EPLER (1992), TRIVINHOSTRIXINO & STRIXINO (1995). Os diferentes táxons foram colocados em frascos de vidro, preservados em álcool e depositados na coleção do laboratório de invertebrados bentônicos.

A categoria "Bivalvia jovem" está representando aqueles organismos que seguramente são bivalves, mas que em função do tamanho muito reduzido são de difícil identificação. Representantes da meiofauna Nematoda, Hydracarina, Collembola e Ostracoda, retidos na malha de 0,250mm de abertura, foram considerados somente na análise qualitativa, uma vez que esta associação de organismos requer uma amostragem diferenciada da realizada para a macrofauna.

Os procedimentos adotados em campo e em laboratório estão de acordo com os sugeridos pelo "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos". Aprovado pela Resolução ANA Nº 724/2011. Como complemento ao "Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA".

Os dados obtidos foram reunidos em tabelas e gráficos, sendo os resultados expressos em números absolutos e os valores médios das respectivas réplicas. Abundância relativa. (%) AR = (Nº de indivíduos da espécie / nº total de indivíduos) x 100 e Densidade de organismos expressa por ind/m^2.

Para a discussão dos dados referentes à abundância relativa adotou-se a nomenclatura apresentada por Mc CULLOUGH & JACSON (1985) apud

BRANDIMARTE (1991) na qual os grupos com abundância entre 50 -100% são considerados dominantes; entre 30-49% abundantes; entre 10-29% comuns; entre 1 e 9% ocasionais e <1% raros.

A definição da constância de ocorrência das espécies nas amostras foi baseada nas porcentagens sugeridas por DAJOZ (1973): 0 a 25% as ditas espécies ocasionais; >25 a 50% acessórias e >50% as espécies constantes.

Riqueza de táxons (S) - número de táxons em uma determinada amostra. Uma vez que existe uma forte relação com o esforço amostral utiliza-se dos dados de amostras em triplicata, (considera-se que é um número que também atende as exigências do tempo existente para as triagens, identificação e apresentação dos relatórios).

A diversidade da comunidade de invertebrados aquáticos foi estimada a partir da análise da diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J).

O Índice IBMWP, que considera a tolerância e sensibilidade dos organismos (adaptação de ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988), foi calculado considerando a presença/ausência das famílias, de acordo com os organismos em cada estação amostral, e o BMWP-ASPT.

Resultados e Discussão

Abundância e Riqueza de táxons

O número de organismos encontrados nas assembleias de macroinvertebrados variou muito entre as estações do ano. Na primavera de 2016 a maior densidade foi na EA2, composta principalmente por larvas de dípteros, principalmente por espécimes de Simulidae e Chironomidae. As estações com maior número de indivíduos, em ordem decrescente foram EA2 > EA3> EA4> EA1, nas demais estações foi inferior ao número médio de 50 indivíduos. Salienta-se que não houve coleta na estação EA8 na primavera de 2016 e verão de 2017. No inverno o número de indivíduos foi

bem menor, a abundância média pode ser considerada baixa, se comparada aos valores encontrados nas demais campanhas, (Figura 5.3.4.1).

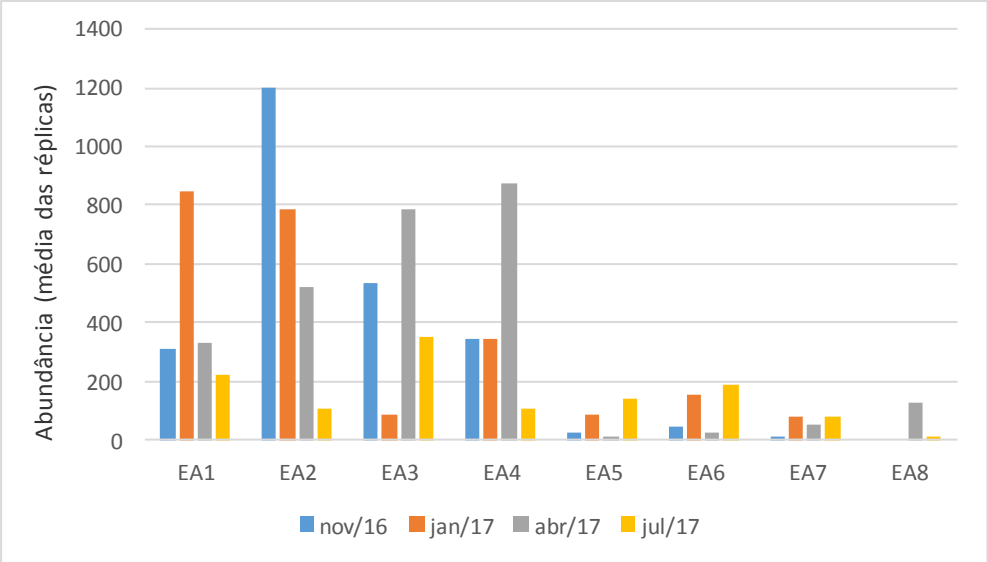


Figura 5.3.4.1 - Abundância média (réplicas) das áreas de corredeira e remanso, relativa a cada uma das estações monitoradas nas quatro campanhas de coleta.

O período que antecedeu a campanha de coleta foi muito chuvoso e pode ter provocado uma redução na densidade de indivíduos em praticamente todas as estações de coleta. Esta é uma situação que já se havia observado em anos anteriores, a abundância dos organismos principalmente nos arroios de substratos mais heterogêneos, excluída estação EA6, apresentam uma maior amplitude de variação em número de indivíduos.

A elevada precipitação pluviométrica é um fator de importância para a abundância de invertebrados, pode ter sido por essa razão que os valores no número de indivíduos estiveram mais baixos no inverno.

As estações EA1, EA2, EA3 e EA4 além de apresentaram as maiores densidades de organismos, também apresentaram as maiores riquezas de famílias (Figuras 5.3.4.1 e 5.3.4.2.).

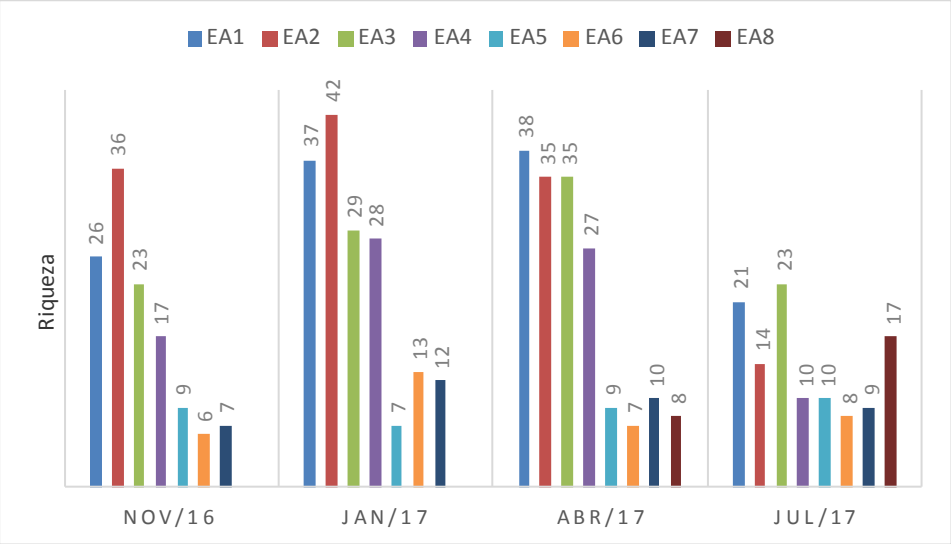


Figura 5.3.4.2 - Riqueza de táxons das quatro campanhas de coleta.

Tabela 5.3.4.1 - Valores máximos e mínimos da riqueza de táxons, relativos às quatro campanhas amostrais.

EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8
21 - 38	14 - 42	23 - 35	10 - 28	7 - 10	6 - 13	7 - 9	8 - 17

A riqueza de táxons que descreve o número de unidades taxonômicas distintas de uma determinada amostra, quando utilizada como uma medida comparativa é uma importante forma de se medir a diversidade.

A partir desta análise se pode identificar que as alterações provocadas pelo aumento nas quantidades de águas nos arroios, na campanha de julho também influenciaram na ocorrência das espécies, restringindo o número de táxons em praticamente todas as estações de coleta. Esta influência fica mais clara nas estações de coleta EA1, EA2, EA3 e EA4. (Figura 5.3.4.2 e Tabela 5.3.4.1).

Mesmo não se utilizando do nível de gêneros ou espécies, para a análise da estrutura da macrofauna a diferença ambiental com consequentes alterações na física, principalmente dos sedimentos de fundo, parece estar dando resultado. Para RAHBEK (1995) independentes de regiões a utilização do nível de família pode reduzir erros de identificações, problemas de subamostragem e aumentar a confiabilidade e robustez dos padrões

revelados em gradientes longitudinais e ambientais. De acordo com HILSENHOFF (1977) é recomendado por sua relativa facilidade e rapidez, com capacidade de se traduzir em informação ecológica.

Ao analisar a riqueza taxonômica dos invertebrados em arroios de quatro microbacias no Equador, JACOBSEN (2004) apud BATISTA et al (2014) verificou que a escala espacial afeta padrões de altitude e que os insetos aquáticos analisados ao longo de um gradiente longitudinal, ao nível de família, responderam melhor facilitando interpretações de fontes e sumidouros da biodiversidade ao longo de gradientes geográficos, já que a mesma família de inseto aquático pode ocorrer em diferentes regiões, com influências distintas de fatores abióticos e o mesmo não apresentado para espécie.

No Brasil, assim como em muitos outros países, em estudos com ênfase na macrofauna, principalmente em avaliações rápidas, a identificação dos macroinvertebrados ao nível taxonômico de família é a unidade taxonômica amplamente utilizada. (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988, BARBOUR et al., 1999. JACOBSEN, 2004).

Abundância Relativa (AR) e Frequência de ocorrência (FR)

Um total de macroinvertebrados distribuídos em 64 famílias foi coletado nos arroios da bacia do Arroio Candiota. As famílias dos macroinvertebrados encontrados pertencem a três Filo (Arthropoda, Mollusca e Anellida) e as classes Malacostraca, Insecta, Gastropoda, Bivalvia, Hirudinea, Oligochaeta, Polychaeta e Turbellaria.

A classe que apresentou o maior número de Famílias foi Insecta, sendo representada principalmente pelas ordens Diptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera, Lepidoptera e Megaloptera. Insecta representou a maioria dos indivíduos.

Diversos fatores ambientais podem influenciar no estabelecimento das comunidades, entre os fatores que influenciam mais diretamente a

distribuição de organismos bentônicos em ecossistemas lóticos estão à temperatura da água, a movimentação das águas (o fluxo, a turbulência), a velocidade das correntes, a disponibilidade de alimento e o tipo de substrato.

A composição e a proporção entre os diferentes táxons dizem muito das condições locais. A abundância relativa, como a expressão de quanto uma espécie representa proporcionalmente dentro da comunidade e a frequência de ocorrência podem auxiliar na análise da estrutura das assembleias de invertebrados dos locais monitorados.

Considerando a abundância relativa, os táxons foram classificados como dominantes 50 - 100%; abundantes entre 30-49%; comuns entre 10 - 29%; ocasionais entre 1 e 9% e raros <1%.

Na campanha de novembro de 2016 os táxons mais abundantes foram Simulidae e Chironomidae, juntos somaram 74,40% da fauna local no período. Simulidae com 53,56% de abundância relativa foi a espécie dominante na estação EA2, e o no conjunto das estações de coleta. As demais famílias foram consideradas ocasionais e raras.

Em janeiro de 2017, Chironomidae com 29,26% foi o táxon abundante, Hydropsichidae com 12,10% Leptohyphidae 9,50% foi considerada comum, as demais com abundâncias relativas ainda menores são ocasionais ou raras.

Em abril, Simuliidae e Chironomidae alcançaram as maiores abundâncias relativa, com respectivamente 26,69% e 26,53% foram consideradas espécies comuns. Baetidae, com 13,23% comum nas estações EA1, EA2 EA, EA3 e EA4. As demais famílias, com valores mais equitativos e inferiores, ficaram principalmente entre comuns e ocasionais.

Na campanha de Inverno somente Chironomidae foi o táxon dominante na estação EA8, abundante na EA3, comum EA1 e uma abundância relativa inferior a 10% nas demais estações de coleta. EA para toda a campanha.

Baetidae, o segundo táxon mais abundante, com 17% e 16% de abundância relativa respectivamente nas estações EA1 e EA3.

Em relação à frequência de ocorrência, tabela 5.3.4.2, as espécies das famílias da classe Insecta, Gastropoda, Bivalvia e Oligochaeta apresentam as maiores frequências de ocorrência.

Registra-se mais uma vez, que as maiores riquezas de táxons, principalmente de insetos têm sido nos arroios com substratos mais heterogêneos, com diferentes mesohabitats e microhabitats, locais com menor quantidade de sedimentos finos, como os das estações EA1, EA2, EA3 e EA4, o que pode ser mais facilmente explicado pela preferencia da grande maioria dos táxons de Insecta e em especial das famílias reconhecidas como sensíveis.

De acordo com Silveira (2004) a temperatura da água pode contribuir para o aumento desses organismos no verão, visto que aumenta a taxa em que os nutrientes aderidos aos sólidos são convertidos em formas solúveis, tornando-se prontamente disponíveis para a fauna bentônica.

Apesar da temperatura das águas ter apresentado uma variância baixa, de acordo com as análises explicitadas no relatório da água superficial, o que se percebe é que com as temperaturas do ar, mais altas no verão e no outono, e os períodos de chuvas menos intensas, as abundâncias e o número de espécies tenderam a aumentar.

Essa relação deverá ser mais bem analisada. Mas, farta literatura já de há muito tempo tem demonstrado uma relação positiva com o aumento da intensidade luminosidade e da temperatura do ar e a reprodução. Embora algumas famílias como o caso dos táxons de Plecoptera têm preferencia por temperaturas da água mais baixas <25°C.

A composição, ocorrência e frequência de ocorrência das famílias podem ser visualizadas na tabela 5.3.4.2.

Tabela 5.3.4.2 - Ocorrência de organismos da macrofauna nos locais amostrados e classificação segundo a frequência de ocorrência.

Família	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8	FR
Aeglidae			VO						Ocasional
Dogielinotidae	V	P	P	P		V		I	Acessório
Tanaidae	O				O				Ocasional
Athericidae			OI						Ocasional
Cecidomyiidae			V				P		Ocasional
Ceratopogonidae	PVOI	PVO	POI	VOI	VO	VOI	VO	I	Constante
Chironomidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	OI	Constante
Chaoboridae		I		I	I				Ocasional
Culicidae			VO						Acessório
Dolichopodidae	V		V		I				Acessório
Empididae	V	V	VI	V	I				Acessório
Psychodidae	PVO	PVO	V	PO	PV				Constante
Simuliidae	PVI	PV	PVI	PVI	P			OI	Constante
Tabanidae			PVOI	I			O		Acessório
Tipulidae	PVOI		PVOI						Constante
Belostomatidae	V	V							Acessório
Mesovelidae		VO		VO		V			Acessório
Naucoridae		VO		VO		V			Acessório
Vellidae		V							Ocasional
Baetidae	PVOI	PVO	PVOI	PVO		P		I	Constante
Caenidae	PVOI	PVO	PVOI	PVO		P			Constante
Ephemeridae			O						Ocasional
Leptohyphidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVO			VO		Constante
Leptophlebiidae	PVOI	PVO	PVOI	PVO					Constante
Polymitarcyidae		VO		VO		V			Acessório
Dryopidae	O	O	O	I					Acessório
Dytiscidae	V		V		V	V		I	Acessório
Elmidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVO	O	VOI	VO	OI	Constante
Gyrinidae			VO						Ocasional
Hydrophilidae		PVO	O	OI					Acessório
Psephenidae	VO	VO	OI	VO				I	Constante
Scirtidae		V				V			Ocasional
Staphylinidae	I		PO	O		P			Acessório
Calopterygidae	P	V							Ocasional
Coenagrionidae	V		VO					OI	Acessório
Gomphidae	PVOI		VI		P		I		Constante
Libellulidae		VO		VO		V			Acessório
Gripopterygidae	I	PO						I	Acessório
Perlidae	PVO	PV	OI	VO					Constante
Calamoceratidae			VO						Ocasional
Glossosomatidae	VO	PVO	PO	PO					Constante
Hydrobiosidae			VO						Ocasional
Hydropsychidae	PVOI	PVO	PVOI	PVO				OI	Constante
Hydroptilidae	VO	PVO	PVO	PVO					Constante
Leptoceridae	VO	PI	PVOI	PV			VO		Constante
Odontoceridae			OI						Constante
Philopotamidae	PVO	PVO	PVOI	VO					Constante
Polycentropodidae		VO		VO		V			Acessório
Pyralidae	P	PVO	VO						Acessório
Corydalidae	PVO	PVO		V	V	O			Constante
Ampullaridae	O							O	Ocasional
Coclhiopidae	PVOI	PVO	VO	VO			VOI		Constante
Ancylidae	PVOI	PVO	VO				I	O	Constante
Planorbidae		V							Acessório
Sphaeridae	PVOI	PVO	O	VO			I	O	Constante
Cyrenidae	POI	PVO		VO	PVO				Constante
Hyriidae	POI	VOI							Acessório
Glossiphonidae	VO	PVO	O	PV	OI	I	PI	I	Constante
Naidinae*	PVOI	PVOI	VO		OI	PVOI	PI	OI	Constante
Tubificinae*	PVOI	PVOI	VOI	PVOI	PVOI	VI	VOI	OI	Constante
Enchytraeidae	I	PVI	PVOI	PVOI	VI	PVI	PVOI	I	Constante
Megadrilli		I		I	I	I	I	I	Acessório
Histriobdellidae.			VO						Ocasional
Dugesidae			VO						Ocasional

* Naidinae e Tubificinae atualmente consideradas como subfamília de Naididae.

As famílias de Diptera, Ceratopogonidae, Chironomidae, Psychodidae, Tipulidae e Simuliidae são constantes, assim como Naidinae, Enchytraeidae e Tubificinae principalmente nas estações de coleta com os substratos mais finos EA5 EA7.

Assim, como alguns dos táxons considerados sensíveis as alterações do meio em que vivem. Como de Ephemeroptera, as famílias Caenidae, Baetidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae. Perlidae e os trichopteros, Glossosomatidae Hydropsychidae Hydroptilidae Leptoceridae Odontoceridae e Philopotamidaede todas consideradas constantes nas amostras a exceção das estações EA5, EA6, EA7, EA8.

Em relação à tolerância frente a adversidades ambientais os macroinvertebrados bentônicos são comumente classificados em três grupos principais (dentro de cada grupo pode haver exceções). Os organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes.

O primeiro grupo refere-se principalmente aos representantes das ordens de insetos aquáticos Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera. São organismos que apresentam uma maior necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Habitam preferencialmente ambientes com maior diversidade e qualidade de hábitats e microhábitats.

A qualidade da água é maior quanto maior for à abundância relativa desses táxons no local. Essa medida é baseada no conhecimento de que, em geral, a maioria dos organismos dessas ordens é mais sensível à poluição orgânica (Resh & Jackson, 1993 e Rosenberg & Resh, 1993).

As famílias de EPT foram mais abundantes no PM1, PM2 e PM3, indicativo de melhor qualidade ambiental Taylor; BAILEY (1997) afirmam que os macroinvertebrados bentônicos são indicadores eficientes da qualidade do meio afetado pelos efluentes oriundos da exploração do carvão mineral e ressaltam a necessidade de observar se há um declínio na abundância ou

riqueza dos táxons de EPT, pois estes são os primeiros indicadores de locais impactados.

Diversidade e Equitabilidade

Nos gráficos das figuras 5.3.4.3 e 5.3.4.4, podemos visualizar os resultados da aplicação do Índice de Diversidade de Shannon, um dos mais utilizados, sensível a espécies raras (menor valor) e a variações nas abundâncias, do índice de Equitabilidade de Pielou, para todas as campanhas de coleta dos macroinvertebrados.

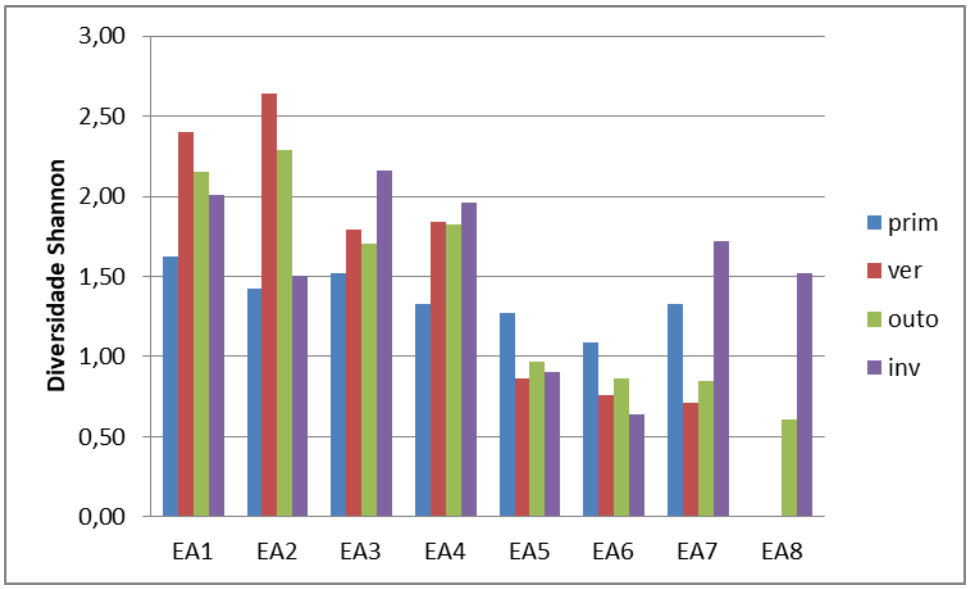


Figura 5.3.4.3 - Resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H') para as quatro campanhas, novembro /2016, janeiro, abril e julho de 2017.

Os valores mais altos para a diversidade de todo o período amostrado foram na EA2 (2,64bits) e EA1 (2,40bits) na campanha de janeiro. As estações EA6 com 0,61bits e EA8 no outono apresentaram os valores mais baixos das quatro campanhas.

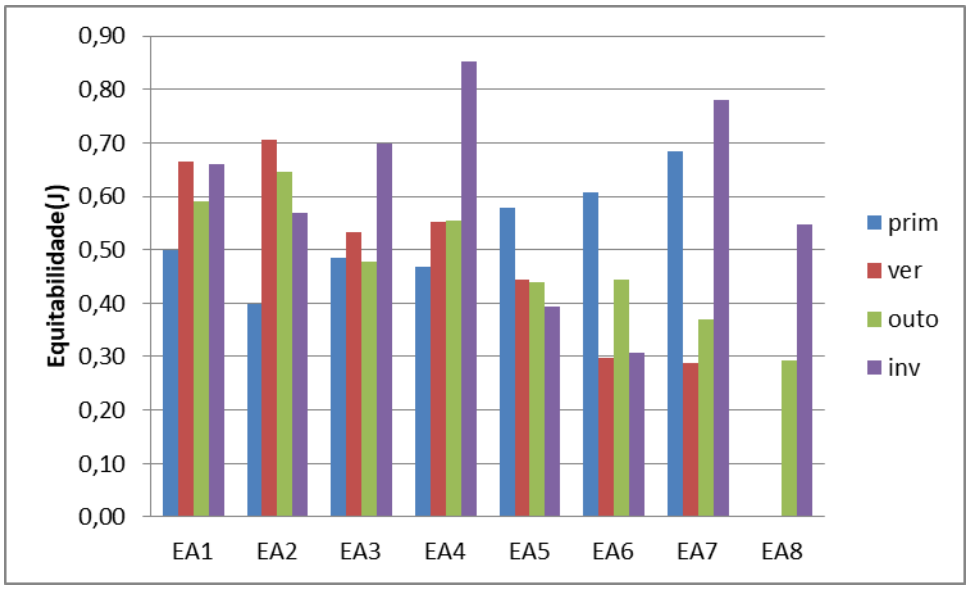


Figura 5.3.4.4 - Resultado da aplicação do índice Equitabilidade de Pielou para as quatro campanhas, novembro /2016, janeiro, abril e julho de 2017.

Os valores mais baixos para a equitabilidade foram no verão para as estações EA6 e EA7, com respectivamente, 0,30 e 0,29, a baixa riqueza e adominância de Chironomidae, com 85,40% de abundância relativa na estação EA7 e 77,64% na estação EA6 explicam esses valores.

A tabela 5.3.4.3 apresenta o índice BMWP adaptado em 1988, por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega com a sigla BMWP'. Serve para classificar a qualidade das águas com base na sensibilidade ecológica das famílias presentes em um determinado rio e local.

Tabela 5.3.4.3 - Pontuações designadas às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ÓRTEGA (1988), LOYOLA (1998, 1999 e 2000) e (TONIOLLO et alii, 2001) para a obtenção do índice BMWP'.

FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
Siphlonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae,Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Megapodagrionidae,Athericidae, Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, hilopotamidae, Glossosomatidae	8
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Gripopterygidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohyphidae	6
Oligoneuridae, Polymitarcyidae, Dryopidae, Elmidae (Elminthidae), Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae, Aeglidae	5
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratyiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae ,Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae, Hydracarina	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae (Limnocoridae), Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Ephydridae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (todas as classes), Syrphidae	1

A pontuação final de cada local foi obtida pela soma da pontuação individual de todas as famílias presentes. A pontuação de cada família reflete a sua tolerância à poluição; quanto mais tolerante a família mais baixa é a sua pontuação.

A figura 5.3.4.4 sintetiza a qualidade, com base da estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos e na sensibilidade das espécies presentes nestes locais.

Classes	Qualidade	Valor	Significado
I	BOA	>120	• Águas muito limpas
II	ACEITÁVEL	101 – 120	• Águas não contaminada ou não alterada de modo sensível
III	DUVIDOSA	61 – 100	• São evidentes efeitos de contaminação
IV	RUIM	36 – 60	• Águas contaminadas (Sistemas alterados)
IV	MUITO CONTAMINADA	16 – 35	• Águas muito contaminadas (Sistema muito alterado)
VI	FORTEMENTE CONTAMINADA	< 15	• Águas fortemente contaminadas (Sistema fortemente alterado)

Figura 5.3.4.4 - Classificação das Estações amostrais de acordo com o índice BMWP.

Aplicou-se o ASPT (Pontuação Média por Taxon Average Score Per Taxon) após o estabelecimento do BMWP, porque segundo WALLEY & HAWKES (1997) o BMWP-ASPT torna o BMWP mais eficiente e realista.

Verificou-se através do Índice IBMWP, a classificação das estações de amostragem apresentada nas tabelas que seguem (Tabela 5.3.4.4 a Tabela 5.3.4.7).

Tabela 5.3.4.4 - Pontuação e Classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de Primavera, novembro de 2016.

Índices/Estações	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7
Pontuação BMWP	144	155	113	84	24	19	12
BMWP/ASPT	5,54	4,3	4,91	4,94	2,67	3,16	1,71

Tabela 5.3.4.5 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de verão, janeiro de 2017.

Índices/Estações	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7
Pontuação BMWP	174	185	174	142	21	44	42
BMWP/ASPT	4,7	4,4	6,00	5,07	3,00	3,38	3,5

Tabela 5.3.4.6 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de outono, abril de 2017.

Índices/Estações	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8
Pontuação BMWP	166	178	213	148	35	36	33	27
BMWP/ASPT	4,64	5,08	6,09	5,48	3,88	5,14	3,3	3,37

Tabela 5.3.4.7 - Pontuação, classes BMWP e BMWP-ASPT da fauna de macroinvertebrados dos pontos monitorados, campanha amostral de inverno, 2017.

Índices/Estações	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8
Pontuação BMWP	100	54	120	32	21	19	35	63
BMWP/ASPT	4,76	3,86	5,45	3,20	2,10	2,38	3,18	3,93

O índice ASPT é obtido a partir do valor de BMWP dividido pelo número total de famílias identificadas no ponto amostral analisado. Valores elevados

deste índice são indicativos de locais de boa qualidade, constituídos por um número relativamente grande de táxons.

Os *scores* do ASP apresentam o significado em termos de qualidade de: Quando o valor calculado é maior que >6 a água limpa, entre 5 e 6 a qualidade duvidosa, entre 4-5 provável poluição moderada e <4 uma provável poluição severa.

Condições de intensa vazão decorrentes de chuvas intensas, e ou a abertura de comportas de uma represa podem alterar as características físicas dos arroios, assim como no seu entorno.

A heterogeneidade do substrato rochoso, predominante nas estações EA1, EA2, EA3 e EA4, em regiões de corredeira proporciona maior riqueza e abundância de espécies, enquanto que os substratos arenosos limitam a distribuição de algumas famílias, devido à escassez de refúgio e disponibilidade de alimento. A exceção da estação EA6, que apesar de apresentar as características dos sedimentos que o enquadram como local potencialmente apto para o estabelecimento de uma fauna rica, a qualidade da água, principalmente em se tratando do pH, sempre apresentou valores um pouco mais baixos, que atestam ambientes ácidos.

Da primeira a última campanha de coletas os resultados (número de táxons, abundância relativa dos táxons, índice de riqueza, EPT, Diversidade, Equitabilidade, IBMWP) confirmam esta situação.

A qualidade ainda mais baixa na campanha de julho, inclusive nos pontos que tem apresentado boa qualidade atribuem-se as precipitações pluviométricas que antecederam as coletas. De acordo com FLECKER et al (1994) o número de insetos pode declinar drasticamente após chuvas de uma magnitude suficiente para alterar a estrutura física do substrato. As coletas em períodos em que os arroios da bacia do Candiota estão com o volume muito alto, acima da normalidade.

Biodiversidade Local

O conhecimento da riqueza da fauna local é uma etapa fundamental para qualquer estudo de bioindicadores em cursos d'água. A frequente coleta, de forma eficaz nos locais monitorados, tem permitido o reconhecimento e registro da distribuição da biodiversidade dos invertebrados aquáticos na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHAC). Um importante subsídio para a aplicação de estratégias de restauração ambiental, políticas de conservação e planos de manejo.

Em relação à entrada de espécies invasora ou potencialmente invasoras, da fauna de macroinvertebrados tem-se o registro de moluscos asiáticos da família Cyrenidae, *Corbícula flumínea* e *Corbicula* sp.

Registra-se para o período amostral a ocorrência de formas jovens de Hyriidae nas estações EA1 e EA2. De acordo com a "Lista das espécies silvestre ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul" algumas espécies de moluscos bivalves de água doce das famílias Hyriidae e Mycetopodidae constam na lista. Em algumas campanhas anteriores, por vezes, alguns exemplares destas famílias foram encontrados, mas são formas tão jovens que impossibilita a identificação por não especialista no grupo. Estes exemplares foram encaminhados a Dra. Maria Cristina D. Mansur.

O compartimento ambiental monitorado, macrofauna bentônica, tem como responsável técnica a MSc. Suzana Maria Fagondes de Freitas.

Referências Bibliográficas

ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hallawell (1978). **Limnetica,** 4: 51 – 56. 1988.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L (Ed.). Ecologia de Insetos Aquáticos. v. 5. Rio de Janeiro: **Oecologia Brasiliensis**, 1998a. p. 191-208.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition**. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339p. 1999.

Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D. & Stribling, J.B. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition**. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339p. 1999.

BOUCHARD, R.W., Jr. **Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest.** Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208p. 2004.

BRANDÃO et al (Organizadores). 2011. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326 p.: il.

BRINCKHURST, R.O. & MARCHESE, M.R. **Guide of Aquatic Oligochaeta of Sul and Central America.** Colec. Climax (Santa Fé, Argentina), 186p. 1989.

BROWN, A.V. & BRUSSOCK, P.P., 1991. Comparison of benthic invertebrates between riffles and pools. **Hydrobiologia. 220**:99-108.

BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 503.

CETESB. São Paulo 2006. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo** -. Referente ao Relatório à Diretoria Nº 071/2006/E, de 08/11/2006 v1. 488p. (Série Relatórios)

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. 2011. **Relatório de qualidade das águas superficiais**. Apêndice D: Índices de qualidade das águas. São Paulo: CETESB

CUMMINS, K. W. Trophic Relations of Aquatic Insects. **Annual Review of Entomology**, v. 18, p. 183-206. 1973

CUMMINS, K. W. Structure and function of stream ecosystems**. BioScience**, Washington, v. 24, n. 11, p. 631-641, 1974.

CUMMINS, K. W.; WILZBACH, M. A.; GATES, D. M.; PERRY, J. B.; TALIAFERRO, W. B. Shredders and riparian vegetation. **BioScience,** Washington, v. 39, p. 24-30, 1989.

EPPLER, J.H. **Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida** (2nd ed) Department of Environmental Regulation, Tallahassee, 565p. 1995.

FRIBERG, N, MILNER, A.M, SVENDSEN, L. M, LINDEGAARD, C. Søren Erik Larsen et al. Macroinvertebrate stream communities along regional and physico-chemical gradients in Western Greenland. Freshewater Biology. Vol.46. 12. 2012, 1753-1764.

HILSENHOFF, W.L. 1977. Use of arthropods to evaluate water quality of streams. **Tech. Bull. WI. Dept. Nat. Resour.**, No 100 15pp.

HILSENHOFF, W.L. 1977. Use of arthropods to evaluate water quality of streams. **Tech. Bull. WI. Dept. Nat. Resour.**, No 100 15pp.

KLEMM, D.J., P.A. LEWIS, F. FULK, J.M. LAZORCHAK. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/ 600/4-90/030. U.S. **Environmental Protection Agency**, Cincinnati, OH 45268.

LEARNER, M.A., LOCHHEAD, G. & HUGHES, B.D. 1978. A review of the biology of the British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. **Freshwater Biol**. 8:357-375

MANSUR, M. C. D. (Org.) *et al.* **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção, controle.** Porto Alegre: Redes editora. 2012, p. 412.

MANSUR, M. C. D.; HEYDRICH, I.; PEREIRA, D.; RICHINITTI, L. M. Z.; TARASCONI, J. C.; RIOS, E. C. Moluscos. In: FONTANA, C. S.; BENCKE, G. A.; REIS, R. E. (Ed.). Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **EDIPUCRS**, 20

MANSUR, M. C. D.; SHULTZ, C.; GARCES, L. M. M. P. Moluscos bivalves de água doce: identificação dos gêneros do sul e leste do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 9, n. 2, p. 181-202, 1987. p. 49-71.

MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. 2000. Systematic conservation planning. **Nature** 405: 243-253.

MCCAFFERTY, W. P. **Aquatic Entomology: The Fisherman's and Ecologist's Illustrated Guide To Insects And Their Relatives.** Jones and Bartlett Publishers, INC., Boston,1981. 448p.

McCAFFERTYM, W.P. **Aquatic Entomology**. Jones and Bartlett Plubishers, INC. Boston, 385p. 1981.

MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1984. **An introduction to the aquatic insects of North America.** Dubuque, Kendall & Hunt, 2nd ed., 722p.

Merritt, R.W. & Cummins, K.W. 1984. **An introduction to the aquatic insects of North America.** Dubuque, Kendall & Hunt, 2nd ed., 722p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2004. **Lista das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção.** Instrução Normativa no 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Seção 1:136-142. 28

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 174 p.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D. M.; Resh, V. H. (Eds.), **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** Chapman and Hall, London, 1993. p. 195-223.

RESH, V.H. & UNZICKER, J.D. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. **J. Water Pollut. Control Fed**., 47: 9-19. 1975.

RESH, V.H. & UNZICKER, J.D. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. **J. Water Pollut. Control Fed**., 47: 9-19. 1975.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and Benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D. M. and V.H. Resh (eds.), **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. Chapman & Hall, New York, U.S. 1993.

SILVEIRA, M. P.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a Southeastern Brazilian river. Brazilian **Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 2b, p. 623-632, 2006

SILVEIRA, M.P; BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L. and EGLER, M. 2005. Application of biological measures for stream integrity assessment in South-East Brazil. **Environmental Monitoring and assessment**, 101:117-128.

SWARTZ, R. C.; SHULTZ, D. W.; DISTWORTH, G.R.; DEBEN W. A.; COLE, F. A. **Sediment toxixity contamination and macrobentic communities near a large eswage outfall In: Validation and predictadictability of Laboratory Methods for Assessing the fate and effect of contaminants in Aquatic Ecosystems**. Americam Society for testing and materils. Philadelphia: 1985 p.152-175.

TAYLOR, B. R.; BAILEY, R. C. A**quatic effects technology evaluation (AETE) program: Technical evaluation on methods for benthic invertebrate data analysis and interpretation**. Ottawa, Ontario: Prepared for Canada center for Mineral and Energy Technology, 1997.

TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros.** São Carlos: PPGERN/RelaUFSCar, 229p. 1995.

WALLACE, J.B. and R.W. MERRITTI, 1980. **Filter-Feeding Ecology of aquatic insects.** Ann. Rev. Entomol. V. 25: 103-132

WALLEY, W. J. AND. HAWKES, H. A. A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating,site type and indicator value. **Water Research**, 31 (2), 201-210.1997

WATANABE, H. M. **Bases para a aplicação de índices biológicos no biomonitoramento de ambiente lóticos – comunidade bentônica**. São Paulo, 2007. 165 f. tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, 2007

5.3.5 ICTIOFAUNA

O presente relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos em quatro campanhas sazonais de monitoramento de peixes do arroio Candiota na área de influência da UTE CGTEE realizadas entre a primavera de 2016 e inverno de 2017. Agregados a esses resultados faz-se uma análise do comportamento do Índice de Qualidade (IQ) com o histórico de dados obtidos em 30 campanhas de monitoramento iniciados em abril de 2007. Também é realizada uma análise do histórico de dados de acúmulo de elementos traço e metais pesados em músculo de peixes carnívoros, onívoros e raspadores bentônicos a partir de resultados obtidos nas campanhas de monitoramento iniciadas no inverno de 2004.

Materiais e Métodos

Pontos de amostragem

Ponto 1 (coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952): está localizado no arroio Candiota junto à ponte férrea e próximo a ponte da BR 293. Caracteriza-se como o ponto mais a montante da rede de amostragem e também localizado à montante da Usina Termelétrica Presidente Médici. Essa região está situada a montante da barragem que abastece a UTE Presidente Médici e, considerando que não existe nenhum mecanismo de passagem de peixes instalado na barragem, a ictiofauna desse local encontra-se, possivelmente, isolada do restante da Bacia. (Figura 5.3.5.1).



Figura 5.3.5.1 - Imagem do Ponto 1 da rede de monitoramento próximo à ponte férrea e a BR 392, localizado à montante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota.

Ponto 2 (coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690): está localizado no arroio Candiota a jusante da grande barragem que abastece a Usina Termelétrica Presidente Médici e lavouras de arroz e a montante do ponto quatro (Figura 5.3.5.2).



Figura 5.3.5.2 - Imagem do Ponto 2 da rede de monitoramento, a jusante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota.

Ponto 3 (coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676): está localizado no arroio Candiotinha e à montante da ponte (Figura 5.3.5.3).



Figura 5.3.5.3 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, no arroio Candiotinha.

Ponto 4 (coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365): localiza-se no arroio Candiota a montante da confluência com o arroio Candiotinha e a jusante do ponto de lançamento do efluente líquido da Usina Termelétrica Presidente Médici (Figura 5.3.5.4).



Figura 5.3.5.4 - Imagem do Ponto 4 da rede de monitoramento, no arroio Candiotinha.

Ponto 5 (coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637): está localizado no arroio Candiota em área acessada pelo interior da fazenda Três Lagoas, próximo à antiga estrutura da ponte férrea (Figura 5.3.5.5).



Figura 5.3.5.5 - Imagem do Ponto 5 da rede de monitoramento, no arroio Candiota.

Ponto 6 (coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615): está localizado no arroio Poacá a jusante da foz da Sanga da Carvoeira. Esse tributário recebe forte influência da área de mineração de carvão da CRM, pois a sanga da Carvoeira nasce no interior da área de extração mineral (Figura 5.3.5.6).



Figura 5.3.5.6 - Imagem do Ponto 6 da rede de monitoramento no arroio Poacá.

O ponto 7 (coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614): está localizado no arroio Candiota e é o ponto mais à jusante da área de drenagem (Figura 5.3.5.7).



Figura 5.3.5.7 - Imagem do Ponto 7 da rede de monitoramento no arroio Candiota.

O ponto 8 (coordenadas UTM 22J 6505819 / 244644): está localizado no arroio onde é lançado o efluente da UTE Presidente Médici (Figura 5.3.5.8). Esse ponto passou a ser adotado na campanha de outono (abr/2017) e suas características físicas não permitem o emprego de uma bateria de redes de espera assim como aquela empregada no restante da rede de amostragem. Sendo assim, os resultados obtidos nesse ambiente não são comparáveis aos demais locais de amostragem quando ao IQ. Os animais capturados nesse ambiente foram analisados quanto a contaminação por metais.



Figura 5.3.5.8 - Imagem do Ponto 8, logo abaixo do lançamento do efluente da UTE Presidente Médici da rede de monitoramento no arroio Candiota.

Coleta, Preservação e Manuseio das Amostras

A captura dos peixes foi realizada com baterias de rede de espera com malhas 1,5 - 2,5 e 3,5 mm entre nós. Cada rede possuía dez metros de comprimento, conferindo à bateria de redes 30 metros.

As redes permaneceram estendidas na água no período mínimo que compreende o entardecer do primeiro dia e o alvorecer do dia seguinte, incluindo a noite, totalizando 12 a 18 horas de esforço.

Em função das características físicas existentes no ponto 8 de amostragem, a captura de peixes só foi realizada com uma rede de malha 1,5mm entre nós. O material foi instalado pela manhã e retirado à tardinha, permanecendo no local por aproximadamente oito horas.

Os animais capturados com vida e de fácil identificação foram contados e liberados. Aqueles animais que demandavam maior análise para sua identificação em laboratório foram coletados e fixados em solução de formalina 10%.

Análise dos resultados Índice de Qualidade (IQ)

As amostragens de peixes resultaram em conjuntos de dados de composição e abundância de espécies de peixes em cada local/período de coleta. Extraiu-se dos dados os valores da riqueza, abundância e foi calculado o Índice de Diversidade Shannon-Wienner. Esses parâmetros integram a equação proposta por BRUSCHI *et al.* (2000) para o cálculo do índice de Qualidade (IQ). Este índice é composto pelo resultado do somatório de três parâmetros da comunidade de peixes analisada: abundância relativa, riqueza de espécies relativa e diversidade de Shannon-Winner relativa.

Para o IQ é utilizado o agrupamento do tipo somatório em que o valor resultante deve ser interpretado frente aos valores de referência para as classes de qualidade do IQ estabelecidos por BRUSCHI *et al.* (2000), tabela 5.3.5.1.

Tabela 5.3.5.1 - Intervalos do Índice de Qualidade (IQ)

Intervalo de classe	Qualidade
<1,198	Muito baixa
1,198-1,653	Baixa
1,654-2,109	Média
>2,110	Alta

Os resultados de IQ obtidos no atual período de monitoramento foram comparados a série histórica de dados de monitoramento, iniciado no inverno de 2007.

Para analisar a evolução do IQ ao longo da série histórica de amostragem foi calculada a média harmônica do conjunto de dados em cada ponto de amostragem. Em função de lacunas temporais entre algumas amostragens a média harmônica foi calculada de forma progressiva para conjuntos de 4 amostras sazonais.

A matriz de resultados de IQ foi transformada em uma matriz de dados qualitativos conforme o enquadramento da categoria de IQ.

Para analisar a dinâmica do IQ ao longo da série histórica a classe de IQ encontrada na primeira amostragem foi classificada como estado original.

Toda a série histórica possível, incluindo as lacunas existentes foi ajustada para que o cálculo da média harmônica fosse possível de ser realizado com no máximo quatro observações consecutivas (quatro estações sazonais). As alterações de melhora de categoria foram assinaladas por valores positivos e as pioras de qualidade indicadas por valores negativos. Mudanças de categoria entre uma categoria e outra adjacente foram indicadas pelo valor numérico 1. Quando houve salto entre uma categoria e outra não adjacente, essas foram indicadas numericamente pela distância entre as mesmas.

Análise dos resultados de elementos contaminantes

Para a análise da presença e concentração de elementos-traço em tecidos corporais dos peixes foram estabelecidos os papéis tróficos das espécies da região de estudo. Dessa forma foram analisados peixes de três níveis tróficos distintos, carnívoros, onívoros e raspadores bentônicos.

Foi priorizada a captura de espécies-alvo de cada grupo trófico para obtenção de músculo e análise da presença e concentração de elementos-traço. Entre os carnívoros foram selecionadas como espécies-alvo a traíra (*Hoplias malabaricus*) o peixe-cachorro (*Oligosarcus robustus* ou *O. jenynsii*), o jundiá (*Rhamdia quelen*) e a joana (*Chrenicichla punctata*), entre os onívoros foram selecionados os lambaris (*Astyanax* sp., *A. jacuhiensis*, *Australoherus* sp., *Hyphessobrycon luetkenii* ou *Trachelyopterus lucenai*) e representando o grupo de peixes raspadores bentônicos os cascudos (*Loricariichthys anus*, *Hypostomus commersoni*, *H. punctulatus* ou *Rineloricaria cadae*).

O primeiro nível trófico é o de peixes raspadores bentônicos, os cascudos, que se alimentam junto ao substrato, consumindo os organismos associados ao fundo e também o próprio sedimento. O segundo nível é o de organismos onívoros, os lambaris, que consomem tanto itens animais quanto vegetais. Esses peixes também utilizam em sua dieta tanto itens disponíveis em toda a coluna da água quanto àqueles carregados pelo vento, chuva ou lançados pela vegetação dentro do arroio como insetos, frutos e folhas. Por fim, o terceiro nível trófico inclui os carnívoros, as traíras e brancas, que consomem principalmente outros peixes em sua dieta.

Após a captura os peixes foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados conforme o local e a data de sua captura. O material foi preservado em refrigeração no campo e em freezer no laboratório. No laboratório os animais foram dissecados para extração do músculo, sem pele. O material foi acondicionado em placas de petri plástica com tampa e conduzido ao laboratório Greenlab para a análise das concentrações dos metais e elementos traço.

Para a análise do Arsênio (Ar), Cádmio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) empregou-se o método analítico SW846-USEPA 3050B:1996 / SW846-USEPA A 6010C:2007. Para a análise do Mercúrio (Hg) uma amostra própria de tecido foi necessária para o emprego do método analítico SW846-USEPA 7471B:1994. A necessidade de preparação das amostras de em processos distintos resultou em situações que a massa de músculo disponível não foi suficiente para as duas preparações. Nos casos em que essa situação ocorreu, optou-se pela preparação que permite a análise do maior espectro de elementos contaminantes.

A definição das concentrações máximas admitidas de Arsênio (Ar), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Mercúrio (Hg) baseou-se na Resolução ANVISA RDC 42/2013 que valida no Brasil o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre

Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (Tabela 5.3.5.2).

Os limites aceitáveis de concentração de Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) basearam-se no Decreto Federal 55.871/1965 (Tabela 5.3.5.2).

Por ausência de legislação nacional definindo limites aceitáveis de concentração para o Manganês (Mn) adotou-se o limite sugerido por BOWEN (1979) (Tabela 5.3.5.2).

Tabela 5.3.5.2 - Valores de referência (mg/Kg) para a concentração máxima admitida de metais e elementos-traço presentes nas espécies de peixes analisadas na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Elemento	RDC ANVISA 42/2013	DECRETO 55.871/1965	Bowen, 1979
Arsênio (As)	**1,0**	1,0	0,2 – 10
Cadmio (Cd)	**0,05**	1,0	0,1 – 3
Chumbo (Pb)	**0,3**	2,0	0,001 - 15
Cobre (Cu)		**30,0**	0,7 – 15
Cromo (Cr)		**0,1**	0,03 – 2
Manganês (Mn)			**4,6**
Mercúrio (Hg)	**0,5**	0,5	0,4
Níquel (Ni)		**5,0**	0,1 – 4
Zinco (Zn)		**50,0**	9 - 80

Os resultados foram comparados ao histórico de dados de monitoramento de elementos-traço e metais em músculo de peixes do arroio Candiota que teve início no inverno de 2004. Entre 2004 e 2007 seis dos nove elementos atualmente monitorados faziam parte do escopo do monitoramento. Nesse período não estavam incluídas análises da presença de Arsênio (As), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg). Além disso, a rede de pontos de amostragem era composta por apenas cinco pontos que não incluíam os pontos 2 e 5, acrescentados a partir do inverno de 2007. Dessa forma as análises de Arsênio (As), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg) passaram a ser realizadas na rede de monitoramento a partir do inverno de 2007 e dados para os pontos 2 e 5 também só passam a estar disponíveis a partir dessa campanha. Ainda, a partir do ciclo de monitoramento 2011/2012 as análises de metais em tecido muscular de peixes passou a ser realizada sazonalmente quando anteriormente era realizada semestralmente.

Resultados

Índice de Qualidade

O período de monitoramento 2016/2017 foi marcado por grandes oscilações no Índice de Qualidade Ambiental (Tabela 5.3.5.3; Figura 5.3.5.9).

Tabela 5.3.5.3 - Apresentação dos valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI *et al.* 2000) no período 2016/2017 e cálculo de sua média harmônica para a classificação nos padrões de IQ.

Ponto	1	2	3	4	5	6	7
Primavera (nov/16)	1,32	2,67	0,91	2,90	1,71	0,11	1,83
Verão (jan/17)	2,62	1,20		1,53	2,91	0,10	
Outono (abr/17)	1,45	2,09		1,88	2,94	0,48	1,38
Inverno (jul/17)	2,31	2,56	0,19	2,02	2,61	0,81	1,24
Média Harmônica	1,77	1,93	0,31	1,98	2,42	0,18	1,44
IQ	**MÉDIA**	**MÉDIA**	**MUITO BAIXA**	**MÉDIA**	**ALTA**	**MUITO BAIXA**	**BAIXA**

O ponto 1 apresentou valores que oscilaram entre Baixa Qualidade na primavera (nov/2016) passando a Alta Qualidade no verão (jan/2017), caindo para Baixa Qualidade no outono (abr/2017) e retornando para Alta Qualidade no inverno (jul/2017).

O ponto 2 apresentou valores de Alta Qualidade na primavera (nov/2016) passando para Baixa Qualidade no verão (jan/ 2017) e Média Qualidade no outono (abr/2017), retornando a patamares de Alta Qualidade no inverno (jul/2017).

O ponto 3 apresentou valores de Qualidade Muito Baixa em todas as campanhas de amostragem.

O ponto 4 apresentou valores de Alta Qualidade na campanha de primavera (nov/2016), passando para Baixa Qualidade na campanha de verão (jan/2017). Na campanha de outono (abr/2017) e de inverno (jul/2017) o índice manteve-se em Média Qualidade.

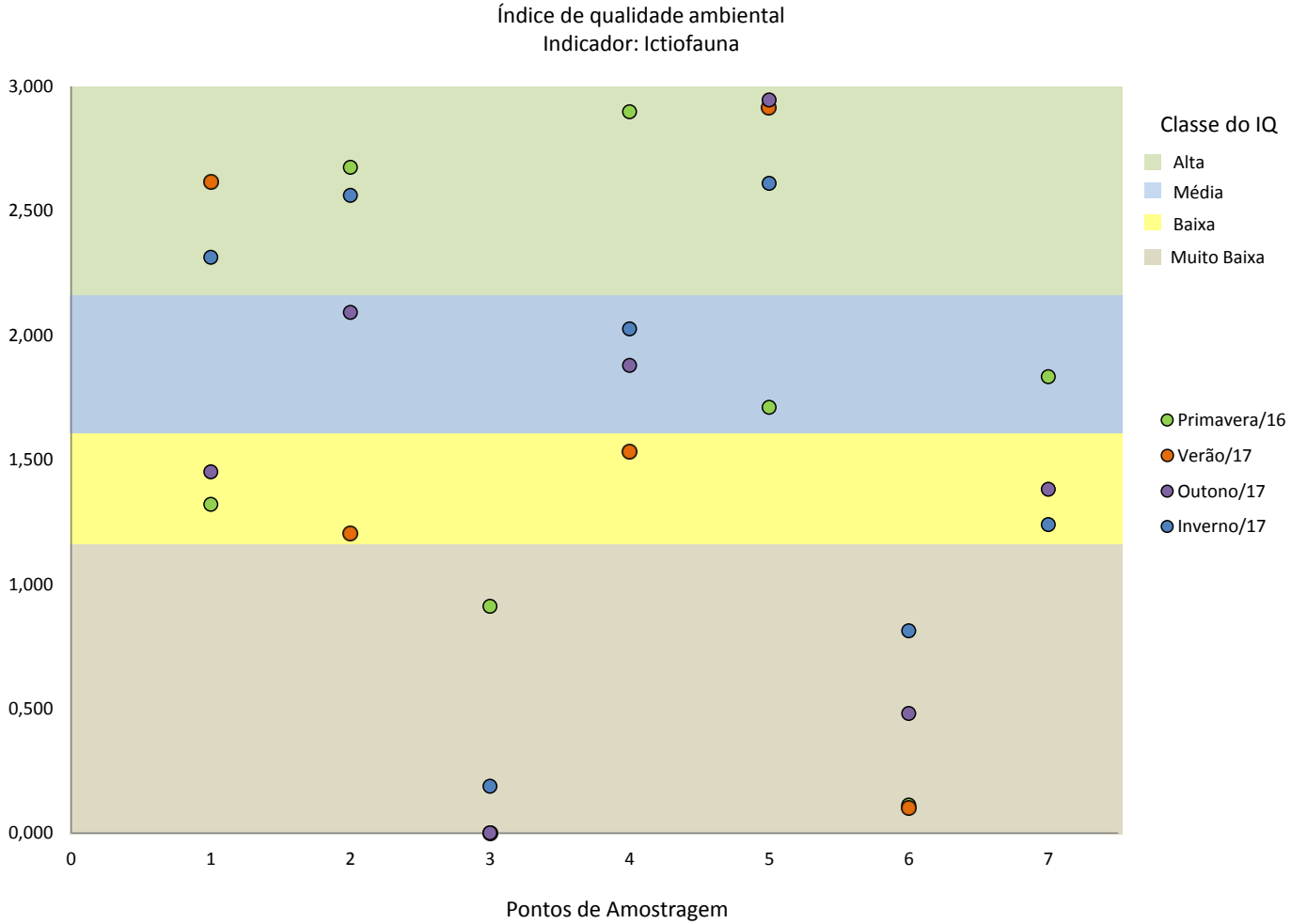


Figura 5.3.5.9 - Apresentação dos valores obtidos de condições de qualidade no período 2016/2017, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

O ponto 5 foi apresentou Média Qualidade na campanha de primavera (nov/2016) passando para Alta Qualidade nas campanhas seguintes de verão (jan/2017), outono (abr/2017) e inverno (jul/2017).

O ponto 6 manteve-se com um padrão histórico de Qualidade Muito Baixa, conforme já ocorre desde o início do monitoramento.

O ponto 7 apresentou valores de Média Qualidade na campanha de primavera (nov/2016) passando para Baixa Qualidade nas campanhas de outono (abr/2017) e inverno (jul/2017). Na campanha de verão (jan/2017) a bateria de redes de espera foi furtada e em razão disso não foram obtidas amostras de peixes no local nessa estação.

Considerando-se a média harmônica do período 2016/2017, os pontos 3 e 6 foram enquadrados como IQ de Muito Baixa Qualidade, o ponto 7 apresentou Baixa Qualidade, os pontos 1, 2 e 4 Média Qualidade e o ponto 5 foi o único que apresentou IQ de Alta Qualidade (Tabela 5.3.5.3; Figura 5.3.5.10).

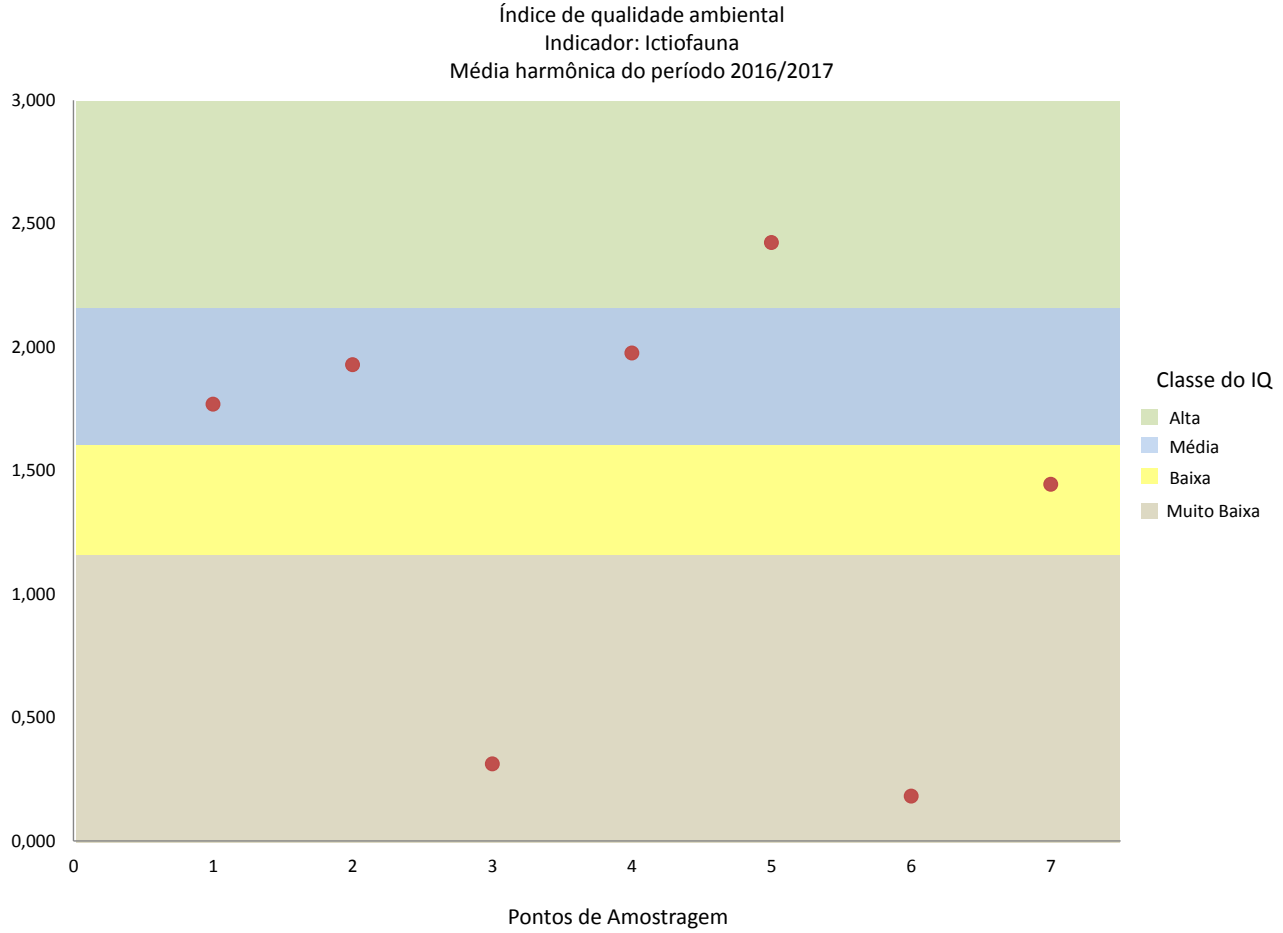


Figura 5.3.5.10 - Apresentação dos valores de média harmônica obtidos no período 2016/2017, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

A série histórica dos dados de IQ é apresentada na tabela 5.5.4.

As figuras 5.3.5.11 a 5.3.5.17 apresentam os gráficos de dispersão dos resultados de IQ em cada ponto da rede de amostragem.

Tabela 5.3.5.4 - Valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI *et al.* 2000) da série histórica de monitoramento da área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUTONO	**2007**	2,92	0,90		2,25	2,75	0,0	1,07
INVERNO	**2007**		2,86			2,81	0,0	
PRIMAVERA	**2007**	2,21	1,94		3,00	2,71	0,0	1,63
VERÃO	**2008**		3,00	1,15		2,63	0,0	1,10
OUTONO	**2008**							
INVERNO	**2008**	2,83	2,26			3,00	0,0	
PRIMAVERA	**2008**	2,62		1,29		2,23	0,0	2,43
VERÃO	**2009**	2,95	1,83		2,83	1,89	0,0	1,46
OUTONO	**2009**							
INVERNO	**2009**							
PRIMAVERA	**2009**	1,63	2,60	1,87	1,46	2,35	0,0	2,21
VERÃO	**2010**	2,63	1,94	2,93	1,67	2,25	0,19	1,38
OUTONO	**2010**		1,21	2,50	2,71		0,0	1,58
INVERNO	**2010**							
PRIMAVERA	**2010**							
VERÃO	**2011**							
OUTONO	**2011**							
INVERNO	**2011**	2,40	2,59	0,90	1,83	2,95	0,0	2,44
PRIMAVERA	**2011**	2,30	2,34	0,09	1,65	2,08	0,0	2,04
VERÃO	**2012**	1,83		1,72		2,73	0,0	2,83
OUTONO	**2012**	2,49			1,98	2,39	0,0	2,97
INVERNO	**2012**	2,55	0,80	0,80	0,36	2,98	0,0	1,66
PRIMAVERA	**2012**	3,00	2,00	1,09	1,49	2,42	0,0	1,99
VERÃO	**2013**	2,62	1,35	2,59	1,74	2,69	0,12	2,11
OUTONO	**2013**	2,91		1,75	0,80	2,29	0,10	2,16
INVERNO	**2013**	0,70	2,03	0,18	0,68	2,97	0,0	0,70
PRIMAVERA	**2013**	2,23	1,49	1,86	2,03	2,50	0,0	1,58
VERÃO	**2014**	2,15	2,44	1,11	0,82	2,86	0,0	
OUTONO	**2014**	1,75	2,54	1,75	1,12		0,0	2,01
INVERNO	**2014**	1,83	2,03		2,03		0,0	3,00
PRIMAVERA	**2014**	0,64	2,67	2,28	1,17		1,11	
VERÃO	**2015**	2,55		1,57	1,61	2,82	0,0	2,40
OUTONO	**2015**	2,12	2,84	2,61	2,15	2,93	0,0	2,94
INVERNO	**2015**							
PRIMAVERA	**2015**							
VERÃO	**2016**							
OUTONO	**2016**							
INVERNO	**2016**							
PRIMAVERA	**2016**	1,32	2,67	0,91	2,90	1,71	0,11	1,83
VERÃO	**2017**	2,62	1,20		1,53	2,91	0,10	
OUTONO	**2017**	1,45	2,09		1,88	2,94	0,48	1,38
INVERNO	**2017**	2,31	2,56	0,19	2,02	2,61	0,81	1,24

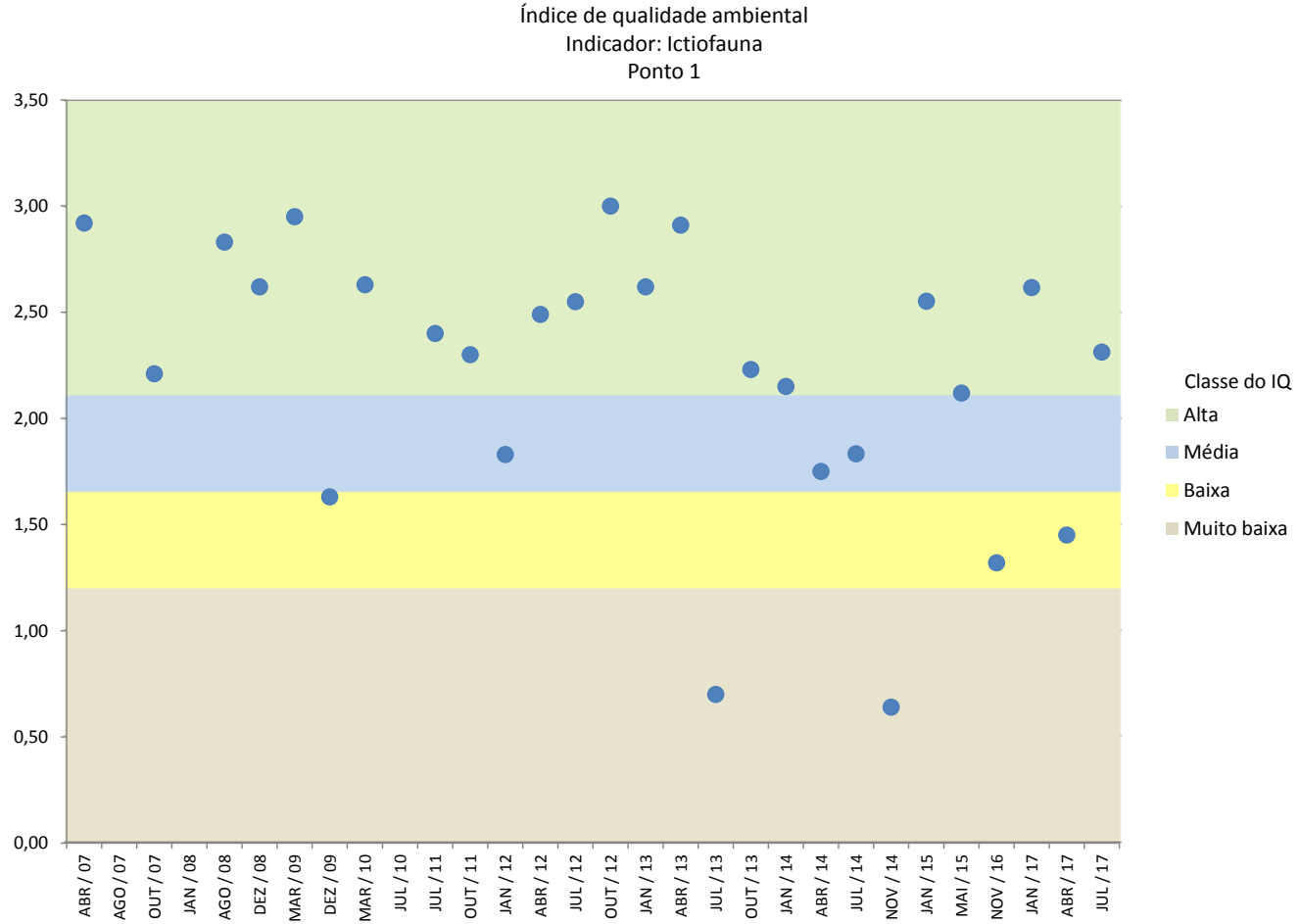


Figura 5.3.5.11 - Resultados da série histórica de dados do ponto 1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

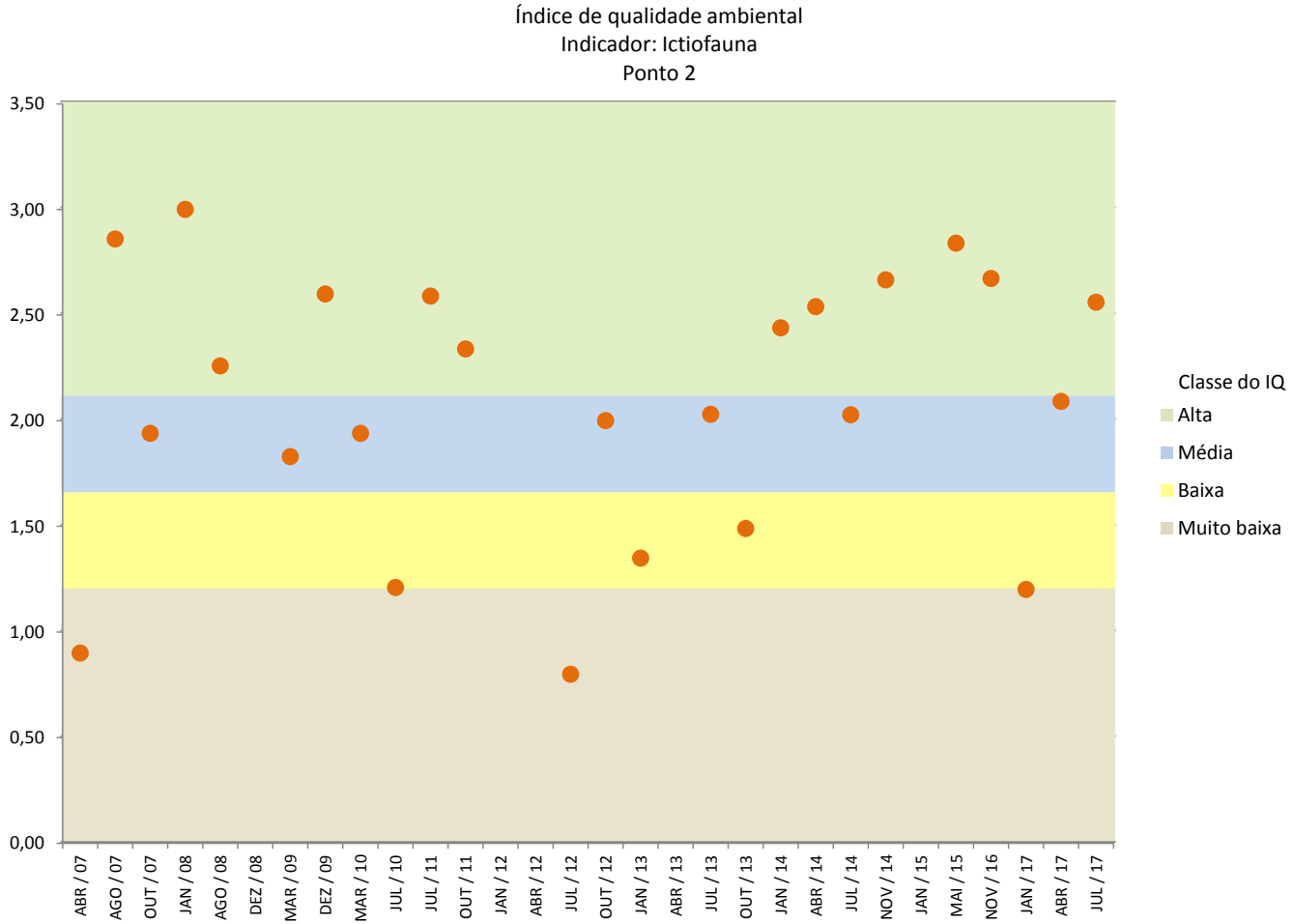


Figura 5.3.5.12 - Resultados da série histórica de dados do ponto 2 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

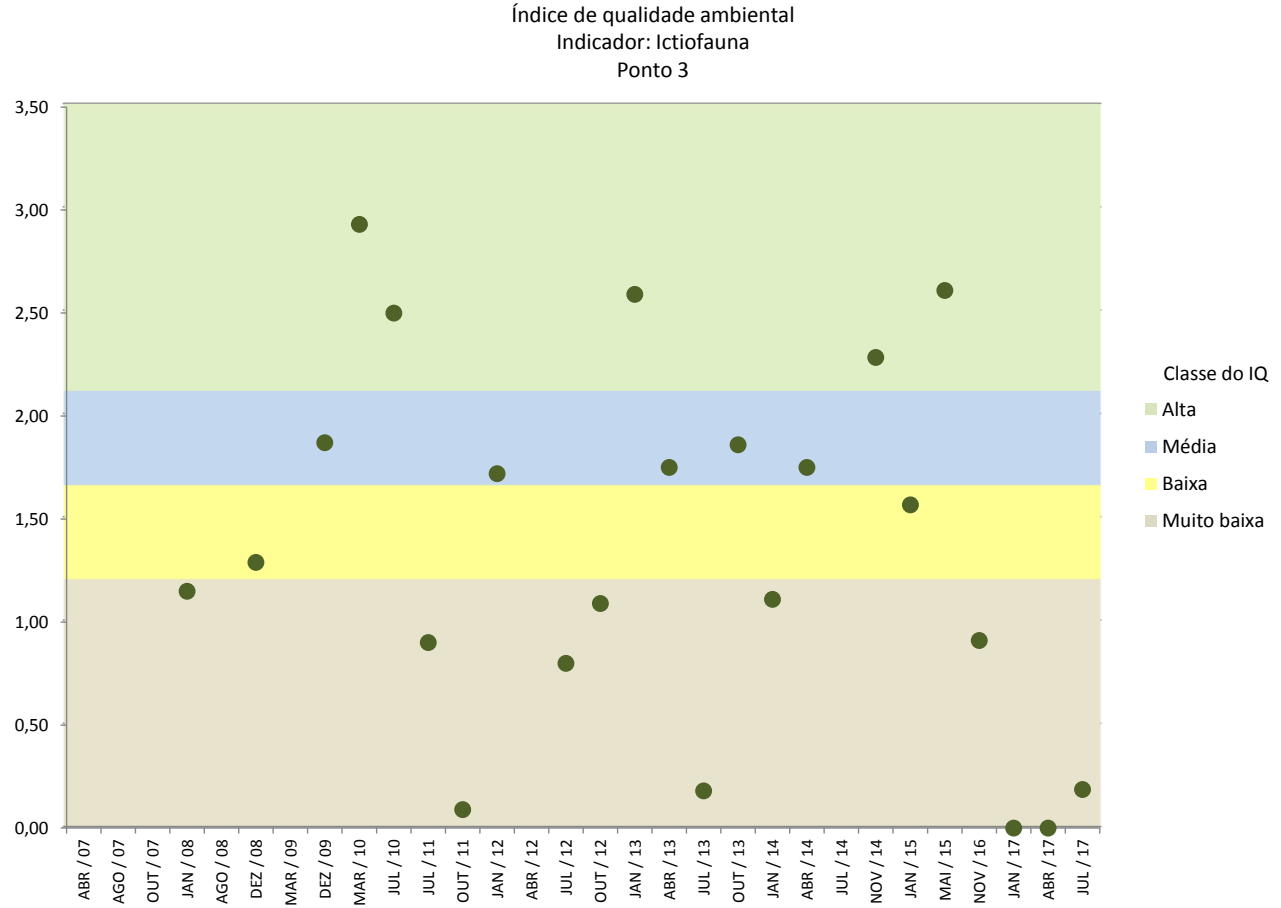


Figura 5.3.5.13 - Resultados da série histórica de dados do ponto 3 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

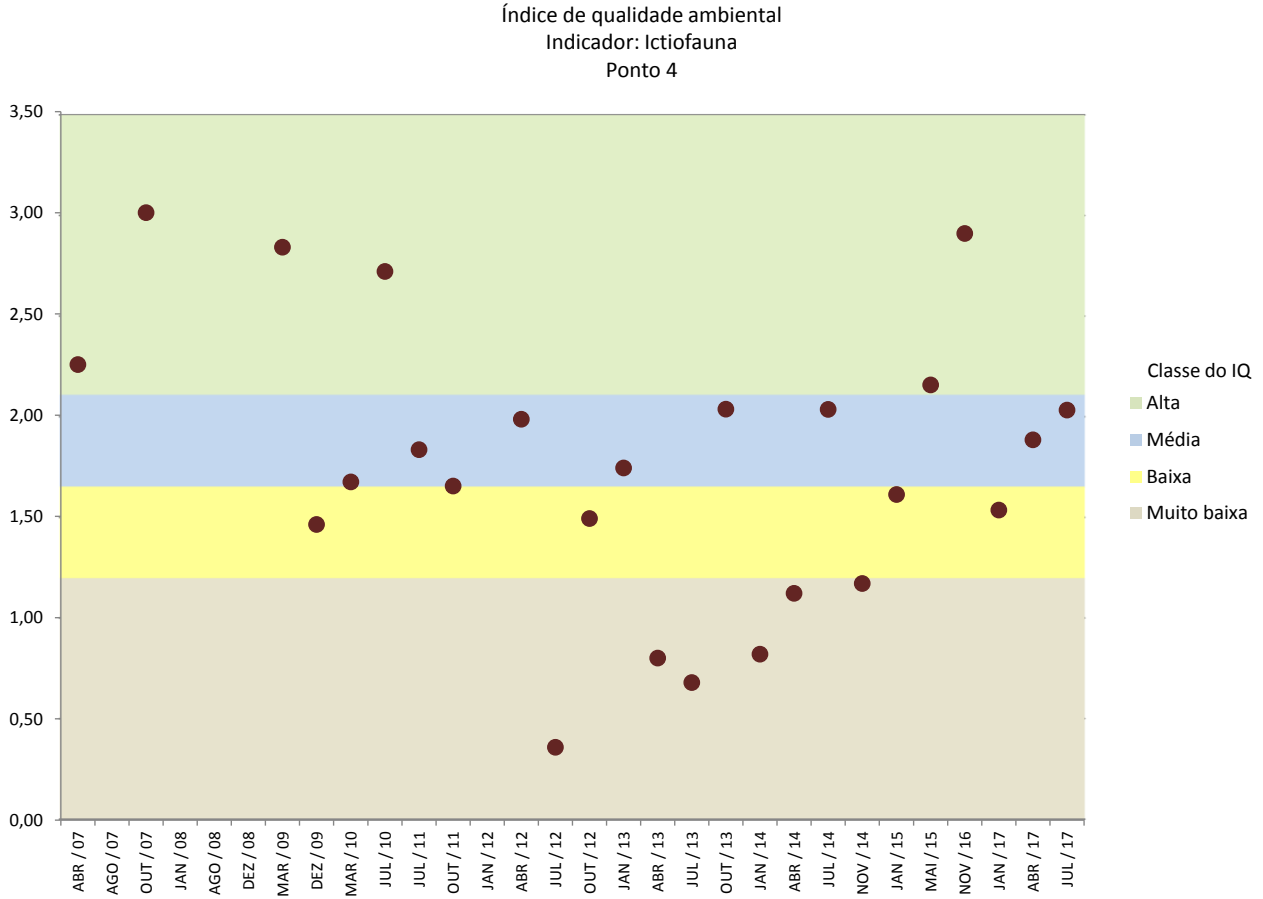


Figura 5.3.5.14 - Resultados da série histórica de dados do ponto 4 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

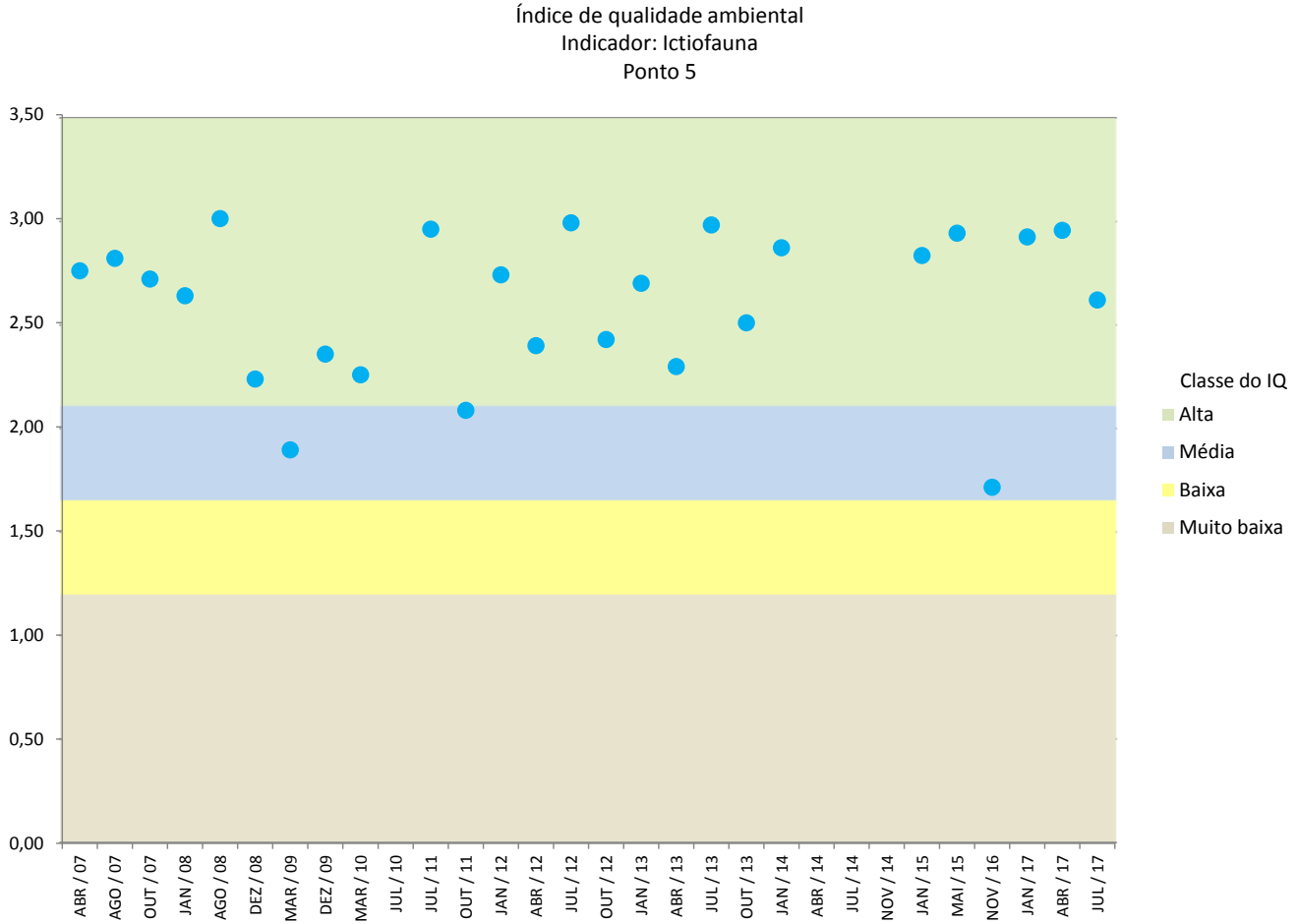


Figura 5.3.5.15 - Resultados da série histórica de dados do ponto 5 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

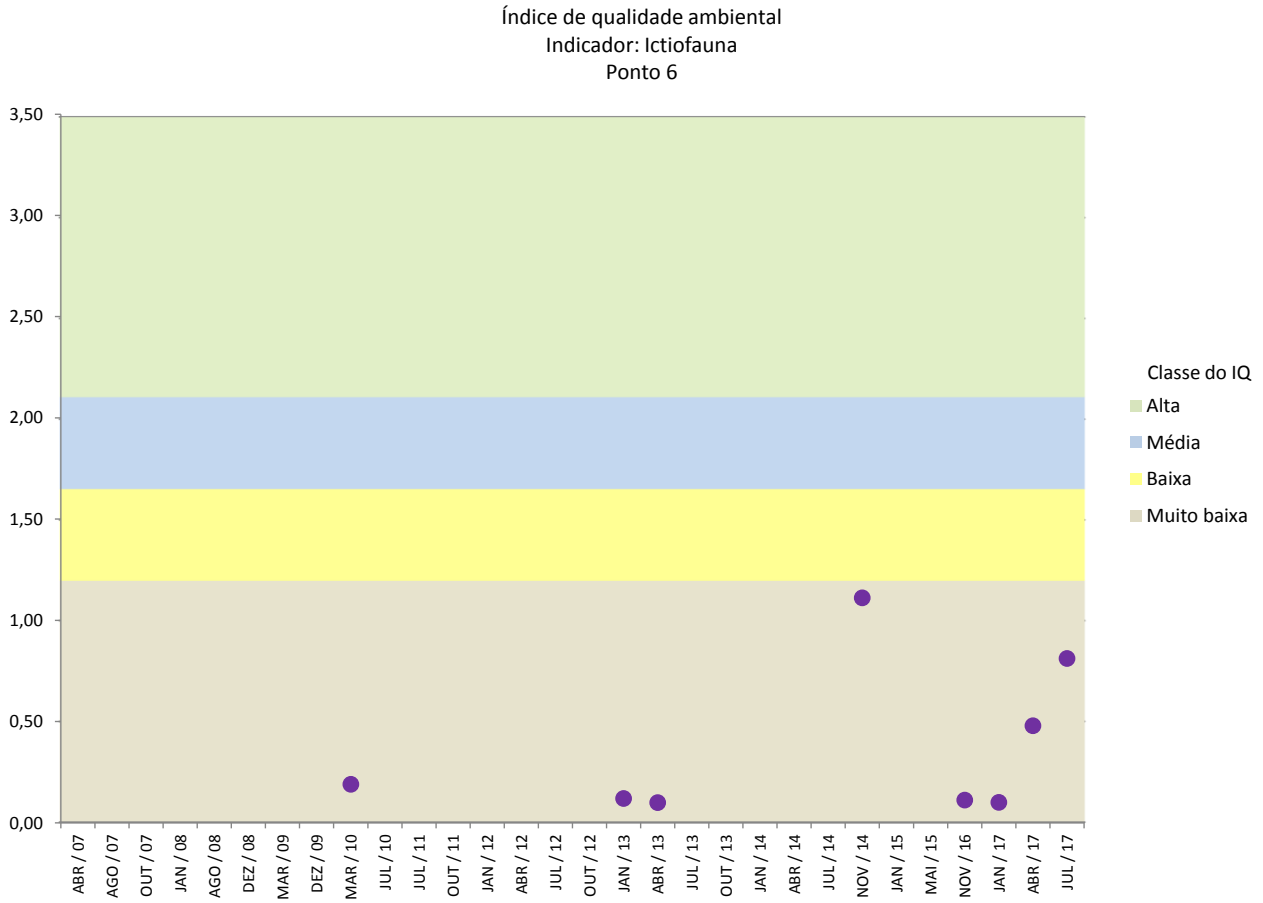


Figura 5.3.5.16 - Resultados da série histórica de dados do ponto 6 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

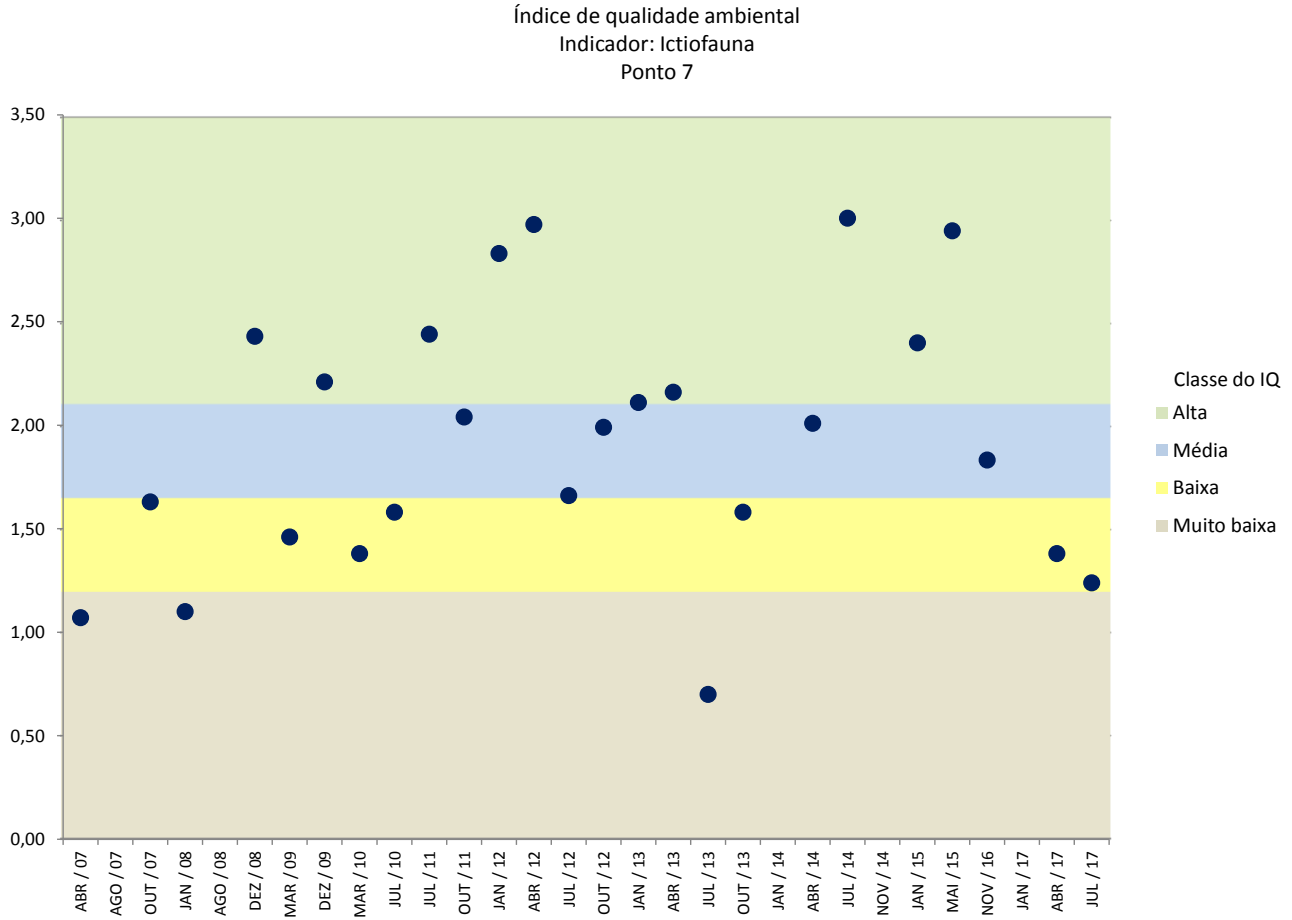


Figura 5.3.5.17 - Resultados da série histórica de dados do ponto 7 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

A tabela 5.3.5.5 apresenta os valores da média harmônica para conjuntos de 4 campanhas sazonais consecutivas.

Tabela 5.3.5.5 - Valores da Média Harmônica (MH) de IQ da ictiofauna (BRUSCHI *et al.* 2000) resultante de até 4 estações sazonais consecutivas (Fonte: Tabela 5.3.5.4).

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUTONO	**2007**	2,92	0,90		2,25	2,75		1,07
INVERNO	**2007**		1,37			2,78		
PRIMAVERA	**2007**	2,52	1,52		2,57	2,76		1,29
VERÃO	**2008**		1,73	1,15		2,72		1,22
OUTONO	**2008**							
INVERNO	**2008**	2,48	2,32			2,77		
PRIMAVERA	**2008**	2,72		1,22		2,58		1,51
VERÃO	**2009**	2,79	2,02		2,83	2,29		1,82
OUTONO	**2009**							
INVERNO	**2009**							
PRIMAVERA	**2009**	2,10	2,15	1,87	1,93	2,10		1,76
VERÃO	**2010**	2,01	2,22	2,28	1,56	2,30	0,19	1,70
OUTONO	**2010**		1,74	2,35	1,82			1,66
INVERNO	**2010**							
PRIMAVERA	**2010**							
VERÃO	**2011**							
OUTONO	**2011**							
INVERNO	**2011**	2,40	2,59	0,90	1,83	2,95	0,0	2,44
PRIMAVERA	**2011**	2,35	2,46	0,16	1,74	2,44	0,0	2,22
VERÃO	**2012**	2,15		0,23		2,53	0,0	2,39
OUTONO	**2012**	2,22			1,81	2,49	0,0	2,52
INVERNO	**2012**	2,25	1,19	0,23	0,77	2,50	0,0	2,24
PRIMAVERA	**2012**	2,39	1,14	1,09	0,76	2,61	0,0	2,23
VERÃO	**2013**	2,65	1,20	1,17	0,88	2,60	0,12	2,09
OUTONO	**2013**	2,76		1,28	0,76	2,57	0,11	1,96
INVERNO	**2013**	1,61	1,73	0,54	1,01	2,57	0,0	1,39
PRIMAVERA	**2013**	1,54	1,58	0,57	1,06	2,59	0,0	1,33
VERÃO	**2014**	1,49	1,91	0,53	0,90	2,63	0,0	
OUTONO	**2014**	1,37	2,03	0,53	0,98		0,0	1,17
INVERNO	**2014**	1,97	2,03		1,29		0,0	2,05
PRIMAVERA	**2014**	1,27	2,39	1,57	1,16		1,11	
VERÃO	**2015**	1,30		1,82	1,40	2,82	0,0	2,40
OUTONO	**2015**	1,35	2,46	2,06	1,64	2,88	0,0	2,75
INVERNO	**2015**							
PRIMAVERA	**2015**							
VERÃO	**2016**							
OUTONO	**2016**							
INVERNO	**2016**							
PRIMAVERA	**2016**	1,32	2,67	0,91	2,90	1,71	0,11	1,83
VERÃO	**2017**	1,75	1,66		2,00	2,15	0,11	
OUTONO	**2017**	1,64	1,78		1,96	2,37	0,14	1,57
INVERNO	**2017**	1,77	1,93	0,31	1,98	2,42	0,18	1,44

A tabela 5.3.5.6 apresenta as classes de enquadramento da Média Harmônica do IQ (Tabela 5.3.5.5) e sumariza quantas vezes houve mudança do enquadramento, quantas vezes houve melhora do IQ, quantas vezes houve piora do IQ e o IQ inicial e o IQ final.

Tabela 5.3.5.6 - Classes de IQ conforme os resultados da Média Harmônica de até quatro estações sazonais consecutivas (Fonte: Tabela 5.3.5.5).

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUTONO	**2007**	ALTA	MUITO BAIXA		ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INVERNO	**2007**		BAIXA			ALTA	MUITO BAIXA	
PRIMAVERA	**2007**	ALTA	BAIXA		ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	**2008**		MÉDIA	MUITO BAIXA		ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
OUTONO	**2008**							
INVERNO	**2008**	ALTA	ALTA			ALTA	MUITO BAIXA	
PRIMAVERA	**2008**	ALTA		BAIXA		ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	**2009**	ALTA	MÉDIA		ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUTONO	**2009**							
INVERNO	**2009**							
PRIMAVERA	**2009**	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VERÃO	**2010**	MÉDIA	ALTA	ALTA	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUTONO	**2010**		MÉDIA	ALTA	MÉDIA		MUITO BAIXA	MÉDIA
INVERNO	**2010**							
PRIMAVERA	**2010**							
VERÃO	**2011**							
OUTONO	**2011**							
INVERNO	**2011**	ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
PRIMAVERA	**2011**	ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
VERÃO	**2012**	ALTA		MUITO BAIXA		ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
OUTONO	**2012**	ALTA			MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
INVERNO	**2012**	ALTA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
PRIMAVERA	**2012**	ALTA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
VERÃO	**2013**	ALTA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUTONO	**2013**	ALTA		BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
INVERNO	**2013**	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
PRIMAVERA	**2013**	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	**2014**	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	
OUTONO	**2014**	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INVERNO	**2014**	MÉDIA	MÉDIA		BAIXA		MUITO BAIXA	MÉDIA
PRIMAVERA	**2014**	BAIXA	ALTA	BAIXA	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	
VERÃO	**2015**	BAIXA		MÉDIA	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
OUTONO	**2015**	BAIXA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
INVERNO	**2015**							
PRIMAVERA	**2015**							
VERÃO	**2016**							
OUTONO	**2016**							
INVERNO	**2016**							
PRIMAVERA	**2016**	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VERÃO	**2017**	MÉDIA	MÉDIA		MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	
OUTONO	**2017**	BAIXA	MÉDIA		MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
INVERNO	**2017**	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA

Tabela 5.3.5.7. Número total de registros de IQ na série histórica de monitoramento da ictiofauna na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS. Frequência absoluta e frequência relativa das alterações do IQ (média harmônica) e dos registros observados para cada classe de IQ na rede de monitoramento. Extraído dos resultados da Tabela 5.3.5.6.

		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
	No de registros	27	25	21	25	26	30	25
Freq. absoluta	**N total de alterações**	8	15	9	9	4	0	9
	ALTA	13	8	2	4	24	0	8
	MÉDIA	5	10	3	8	2	0	10
	BAIXA	9	5	3	4	0	0	5
	MUITO BAIXA	0	2	13	9	0	30	2
Freq. relativa	**N total de alterações**	30%	60%	43%	36%	15%	0%	36%
	ALTA	48%	32%	10%	16%	92%	0%	32%
	MÉDIA	19%	40%	14%	32%	8%	0%	40%
	BAIXA	33%	20%	14%	16%	0%	0%	20%
	MUITO BAIXA	0%	8%	62%	36%	0%	100%	8%

Os resultados do índice de Qualidade Ambiental (IQ) baseados na ictiofauna demonstram que o Ponto 6 tem se mantido com a pior situação da rede de amostragem (Tabela 5.3.5.7). Até o ano de 2015 não havia capturas de peixes nesse local que é influenciado diretamente pela mineração do carvão.

O Ponto 5 é o ambiente de melhor qualidade ambiental da rede de amostragem. Foram feitos 26 registros de IQ na série histórica e apenas em quatro registros (15%) houve alteração do enquadramento da qualidade (Tabela 5.3.5.7). Podemos dizer que há uma constância nesse enquadramento de Alta Qualidade do local já que em 24 registros (92%) o IQ enquadrou-se nessa condição e apenas em dois registros (8%) o IQ caiu para Média Qualidade.

Para o Ponto 1 foram feitos 27 registros de IQ. O enquadramento da categoria de qualidade desse local foi alterado oito vezes (30%). Em 13 registros (48%) o IQ do local foi de Alta Qualidade, em nove registros (33%) foi de Baixa Qualidade e em cinco registros (19%) foi de Média Qualidade. Os dados evidenciam um período inicial do monitoramento onde a qualidade local foi mais elevada (outono/2007 – outono/2013) e uma

alteração desse padrão a partir do inverno/2013 até o presente onde a tendência foi de manutenção da Baixa Qualidade no local (Tabela 5.3.5.6).

Os pontos 4 e 7 tiveram 25 registros na série histórica e mudaram de categoria de qualidade em nove registros (36%) (Tabela 5.3.5.7). Em ambos os pontos o enquadramento de Média Qualidade foi mais frequente (Pt4 32% e Pt7 40%). No entanto, enquanto no Ponto 4 o segundo enquadramento mais frequente foi o de Muito Baixa Qualidade (36%), o Ponto 7 teve como segundo enquadramento mais frequente a Alta Qualidade (32%). A análise do enquadramento dos locais na série histórica mostra que o Ponto 4 apresenta uma redução no padrão de qualidade no inverno/2012 que se estende até o outono de 2015 (Tabela 5.3.5.6). No último ciclo de monitoramento percebe-se a melhora do IQ no local (Tabela 5.3.5.6). No Ponto 7 percebe-se que há historicamente grande alternância do IQ e alternância do enquadramento (Tabela 5.3.5.6).

No Ponto 3 foram feitos 21 registros e houve alteração do enquadramento do IQ em nove registros (43%) (Tabela 5.3.5.7). Em 13 registros (62%) o local foi enquadrado como de Qualidade Muito Baixa (Tabela 5.3.5.6).

Para o Ponto 2 foram feitos 25 registros. Esse certamente foi o ambiente em que o IQ apresentou-se mais variável já que houve 15 registros (60%) nos quais o enquadramento de qualidade foi alterado (Tabela 5.3.5.6). Em 10 registros (40%) o local enquadrou-se como Média Qualidade e em oito registros (32%) pode ser considerado de Alta Qualidade (Tabela 5.3.5.7). Claramente a fase inicial do monitoramento mostra que esse local apresentava uma alternância maior do IQ que tende a manter-se entre Média e Alta Qualidade a partir do verão de 2014 (Tabela 5.3.5.6).

Elementos Contaminantes

No período 2016-2017 foram obtidas 56 amostras de tecido muscular de peixes das quais 20 amostras de peixes carnívoros (36%), 19 amostras de peixes onívoros (34%) e 17 amostras de peixes raspadores bentônicos (30%). Foram obtidas amostras em todos os locais de monitoramento sendo o menor número disponível no Ponto 3 (3 amostras) e o maior número de amostras obtidas no Ponto 5 (10 amostras) (Tabela 5.3.5.8).

A massa de tecido obtida permitiu a análise da concentração de Arsênio (Ar), Cádmio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) nas 56 amostras disponíveis. A concentração de Mercúrio (Hg) pode ser analisada em 14 dessas amostras.

Tabela 5.3.5.8 - Número amostras de músculo de peixes obtidas no período de amostragem de novembro/2016 a julho/2017, de acordo com o local de captura e o nível trófico das espécies doadoras para a análise de concentração de metais e elementos traço na área de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto de amostragem	Nível trófico	N amostras	% amostras	Total ponto	% ponto
1	carnívoro	4	7,1%	8	14,3%
	onívoro	3	5,4%		
	raspadores bentônicos	1	1,8%		
2	carnívoro	4	7,1%	9	16,1%
	onívoro	1	1,8%		
	raspadores bentônicos	4	7,1%		
3	carnívoro	0	0,0%	3	5,4%
	onívoro	1	1,8%		
	raspadores bentônicos	2	3,6%		
4	carnívoro	3	5,4%	8	14,3%
	onívoro	2	3,6%		
	raspadores bentônicos	3	5,4%		
5	carnívoro	3	5,4%	10	17,9%
	onívoro	3	5,4%		
	raspadores bentônicos	4	7,1%		
6	carnívoro	3	5,4%	6	10,7%
	onívoro	3	5,4%		
	raspadores bentônicos	0	0,0%		
7	carnívoro	2	3,6%	7	12,5%
	onívoro	2	3,6%		
	raspadores bentônicos	3	5,4%		
8	carnívoro	1	1,8%	5	8,9%
	onívoro	4	7,1%		
	raspadores bentônicos	0	0,0%		
Total de amostras		56	100,0%	56	100%

Até o momento foram realizadas 3.085 análises de amostras de tecido (músculo) de peixes no monitoramento do arroio Candiota, na área de influência da UTE Presidente Médici (Tabela 5.3.5.9).

Os resultados demonstram que todos os elementos pesquisados já apresentaram níveis detectáveis de sua presença nos peixes (Tabela 5.3.5.9).

Com exceção do Níquel (Ni), todas as outras substâncias apresentaram concentrações acima do limite de segurança adotado nesse trabalho (Tabela 5.3.5.2).

A seguir os resultados são apresentados e discutidos para cada elemento.

Tabela 5.3.5.9 - Número de análises de tecido de peixes (músculo) realizadas no período de agosto/2007 a julho/2017 de acordo com os elementos analisados, grupo trófico doador de tecido, número total de análises, amostras com valores detectáveis, amostras com valores acima dos limites de referência e proporção dos animais contaminados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Elemento	Nível trófico peixes	N análises	Total análises	Amostras com concentração detectável	Total de amostras com concentração detectável	Proporção amostras com concentrações detectáveis (%)	Amostras com concentração acima do limite	Proporção (%) animais contaminados
Arsênio (Ar)	carnívoros	118	327	16	51	15,60%	2	1,69%
	onívoros	115		11			0	0,00%
	raspadores bentônicos	94		24			17	18,09%
Cádmio (Ca)	carnívoros	129	364	4	14	3,85%	1	0,78%
	onívoros	128		4			2	1,56%
	raspadores bentônicos	107		6			0	0,00%
Chumbo (Pb)	carnívoros	129	364	12	38	10,44%	1	0,78%
	onívoros	128		13			4	3,13%
	raspadores bentônicos	107		13			1	0,93%
Cobre (Cu)	carnívoros	129	364	67	182	50,00%	0	0,00%
	onívoros	128		59			1	0,78%
	raspadores bentônicos	107		56			0	0,00%
Cromo (Cr)	carnívoros	129	364	21	62	17,03%	13	10,08%
	onívoros	128		21			12	9,38%
	raspadores bentônicos	107		20			11	10,28%
Manganês (Mn)	carnívoros	118	327	80	246	75,23%	19	16,10%
	onívoros	115		100			44	38,26%
	raspadores bentônicos	94		66			31	32,98%
Mercúrio (Hg)	carnívoros	106	248	79	197	79,44%	52	49,06%
	onívoros	101		71			21	20,79%
	raspadores bentônicos	41		47			7	17,07%
Níquel (Ni)	carnívoros	129	364	7	25	6,87%	0	0,00%
	onívoros	128		10			0	0,00%
	raspadores bentônicos	107		8			0	0,00%
Zinco (Zn)	carnívoros	129	363	120	331	91,18%	14	10,85%
	onívoros	127		116			39	30,71%
	raspadores bentônicos	107		95			1	0,93%

Arsênio (As)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2007 a julho/2017) foram analisadas 327 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 118 de peixes carnívoros (36,09%), 115 de peixes onívoros (35,17%) e 94 de peixes raspadores bentônicos (28,75%) (Tabela 5.3.5.9).

Cinquenta e uma amostras (15,6%) apresentaram valores detectáveis de Arsênio, das quais, 19 amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 42/2013.

Os peixes raspadores bentônicos apresentaram a maior incidência de amostras com concentrações acima do limite (17), representando 18,09% das amostras analisadas nesse grupo trófico (Tabela 5.3.5.9). Também nesse grupo trófico foram registradas as maiores concentrações de Arsênio (Figura 5.3.5.20).

A contaminação encontrada em amostras de peixes carnívoros foi de 1.69% (2 amostras). Não foram identificadas amostras de peixes onívoros contaminadas (Tabela 5.3.5.9).

Com exceção do Ponto 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.3.5.10 e Figuras 5.3.5.18, 5.3.5.19 e 5.3.5.20).

Tabela 5.3.5.10 - Número de amostras de peixes contaminados com Arsênio (As) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	0	1	**1**
Ponto 2	0	0	2	**2**
Ponto 3	1	0	3	**4**
Ponto 4	0	0	5	**5**
Ponto 5	0	0	1	**1**
Ponto 6	1	0	0	**1**
Ponto 7	0	0	5	**5**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**2**	**0**	**17**	**19**

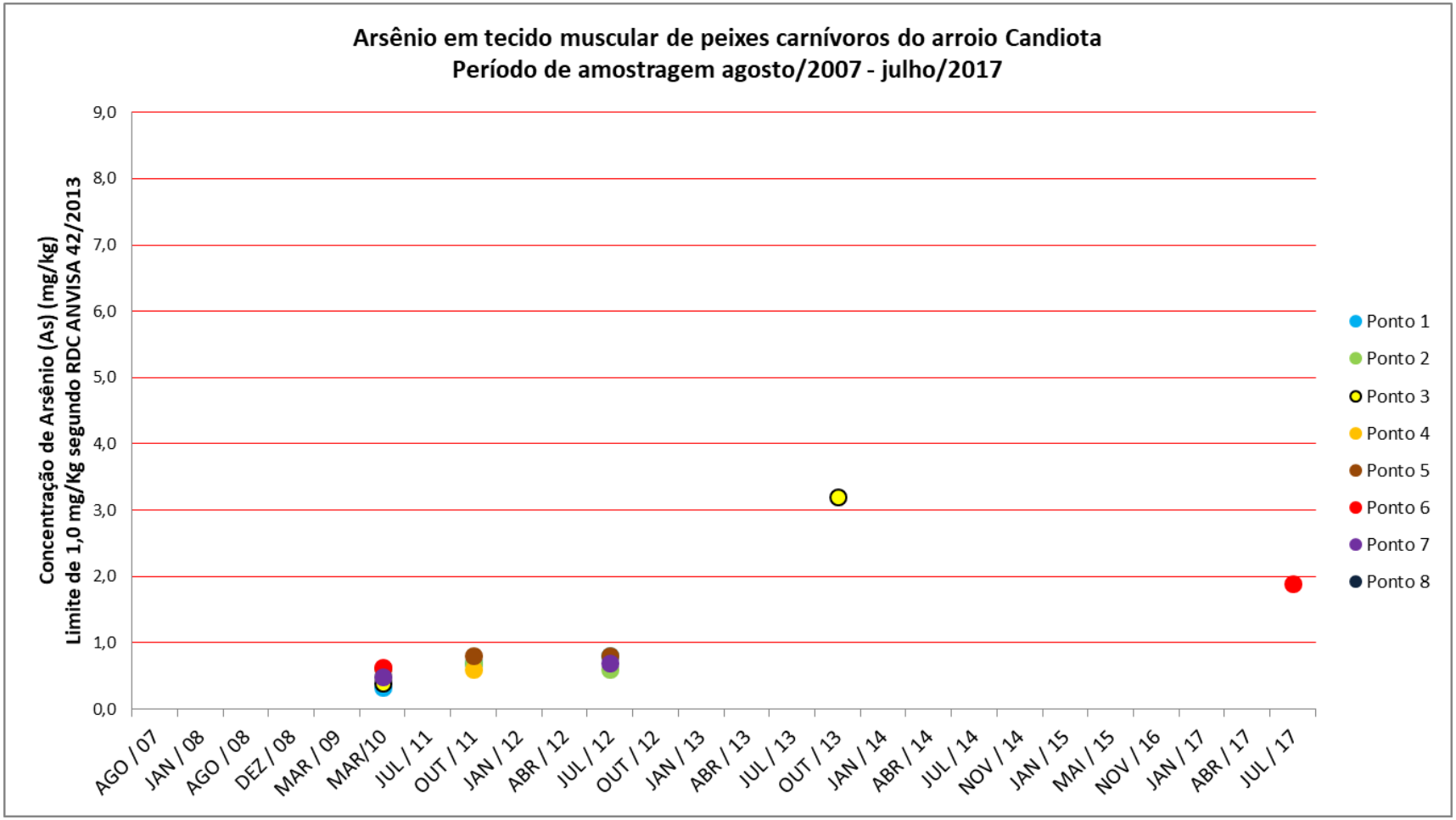


Figura 5.3.5.18 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

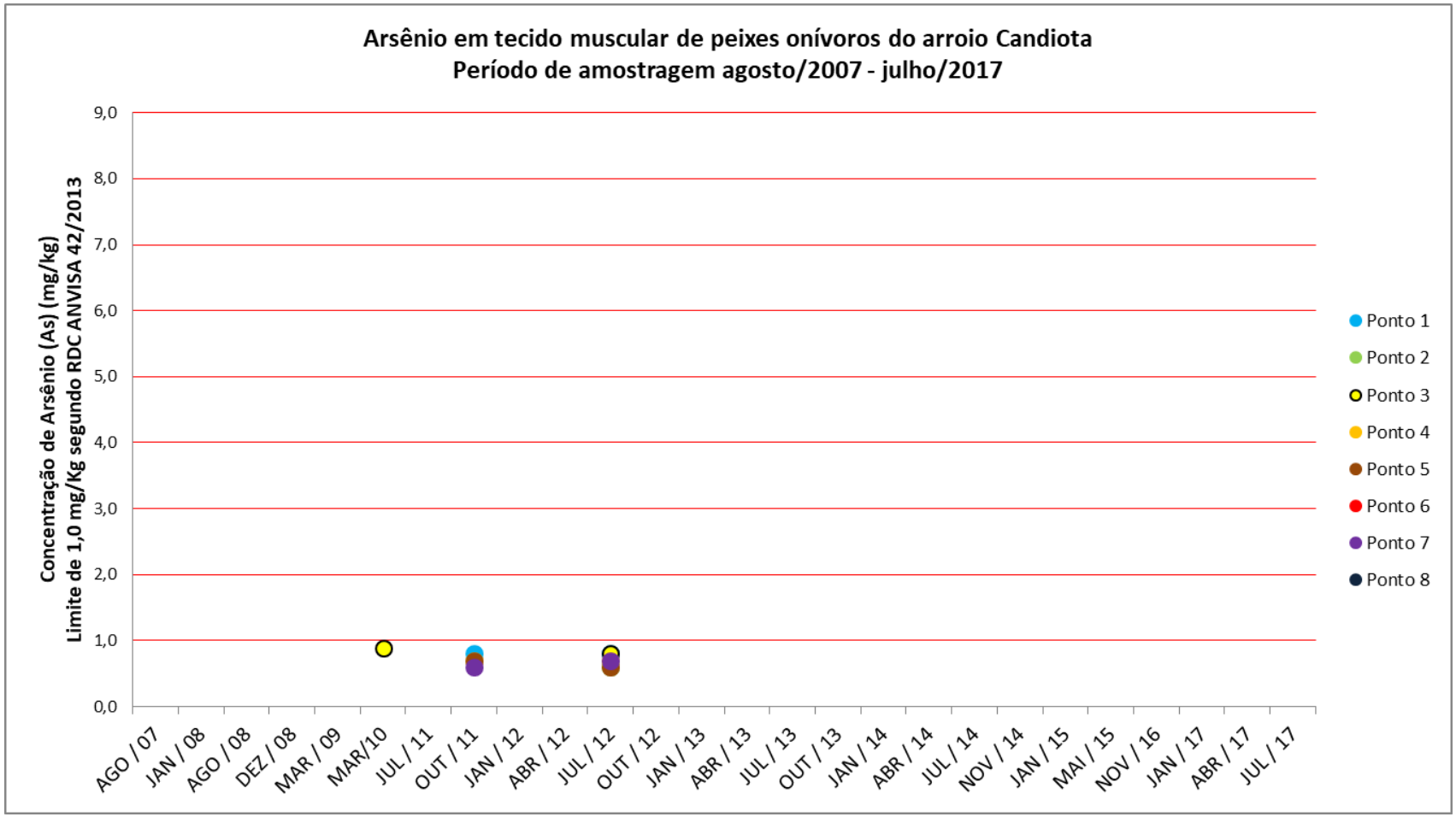


Figura 5.3.5.19 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

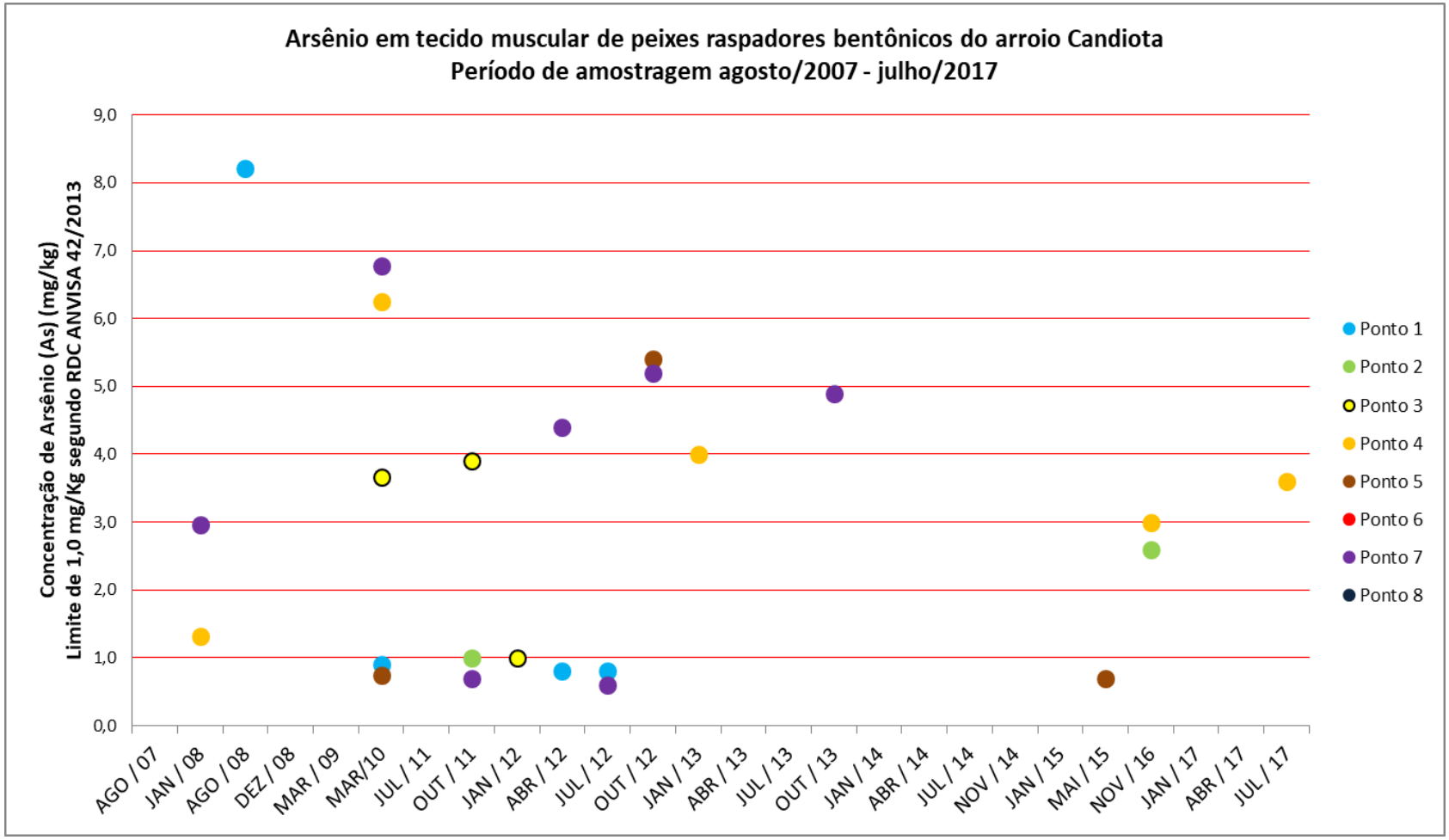


Figura 5.3.5.20 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Cádmio (Cd)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a julho/2017) foram analisadas 364 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 129 de peixes carnívoros (35,44%), 128 de peixes onívoros (35,16%) e 107 de peixes raspadores bentônicos (29,40%) (Tabela 5.3.5.9).

Quatorze amostras apresentaram valores detectáveis de Cádmio (24,74%) e apenas três dessas amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 42/2013. Outro aspecto interessante é que as detecções de Cádmio ocorreram na fase inicial do monitoramento, sendo que o registro mais recente foi realizado na campanha de julho de 2013.

A tabela 5.3.5.11 apresenta a distribuição das amostras contaminadas conforme o grupo trófico e o local monitorado.

Tabela 5.3.5.11 - Número de amostras de peixes contaminados com Cádmio (Cd) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	0	0	**0**
Ponto 2	0	2	0	**2**
Ponto 3	0	0	0	**0**
Ponto 4	0	0	0	**0**
Ponto 5	0	0	0	**0**
Ponto 6	0	0	0	**0**
Ponto 7	1	0	0	**1**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**1**	**2**	**0**	**3**

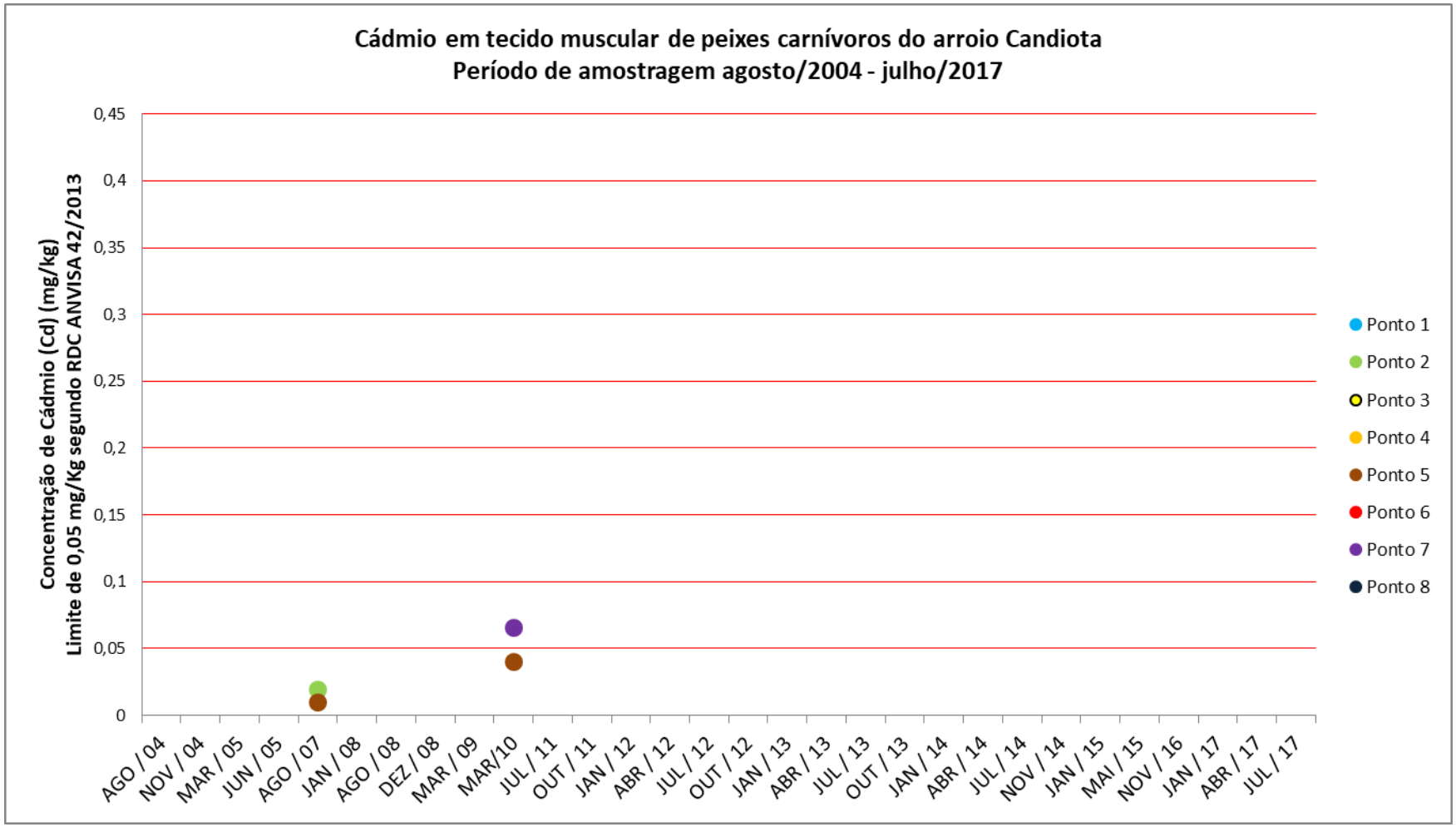


Figura 5.3.5.21 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

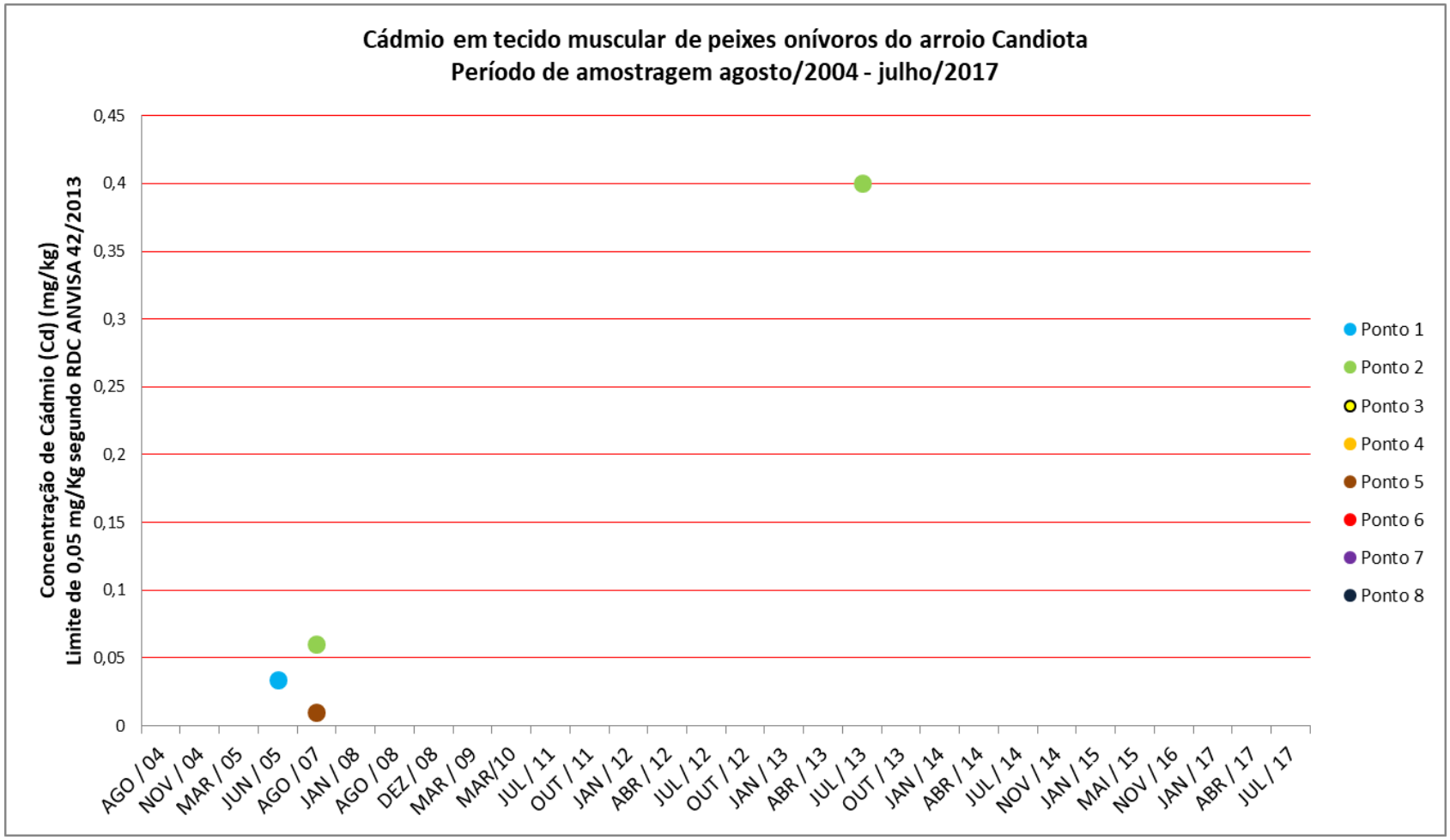


Figura 5.3.5.22 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

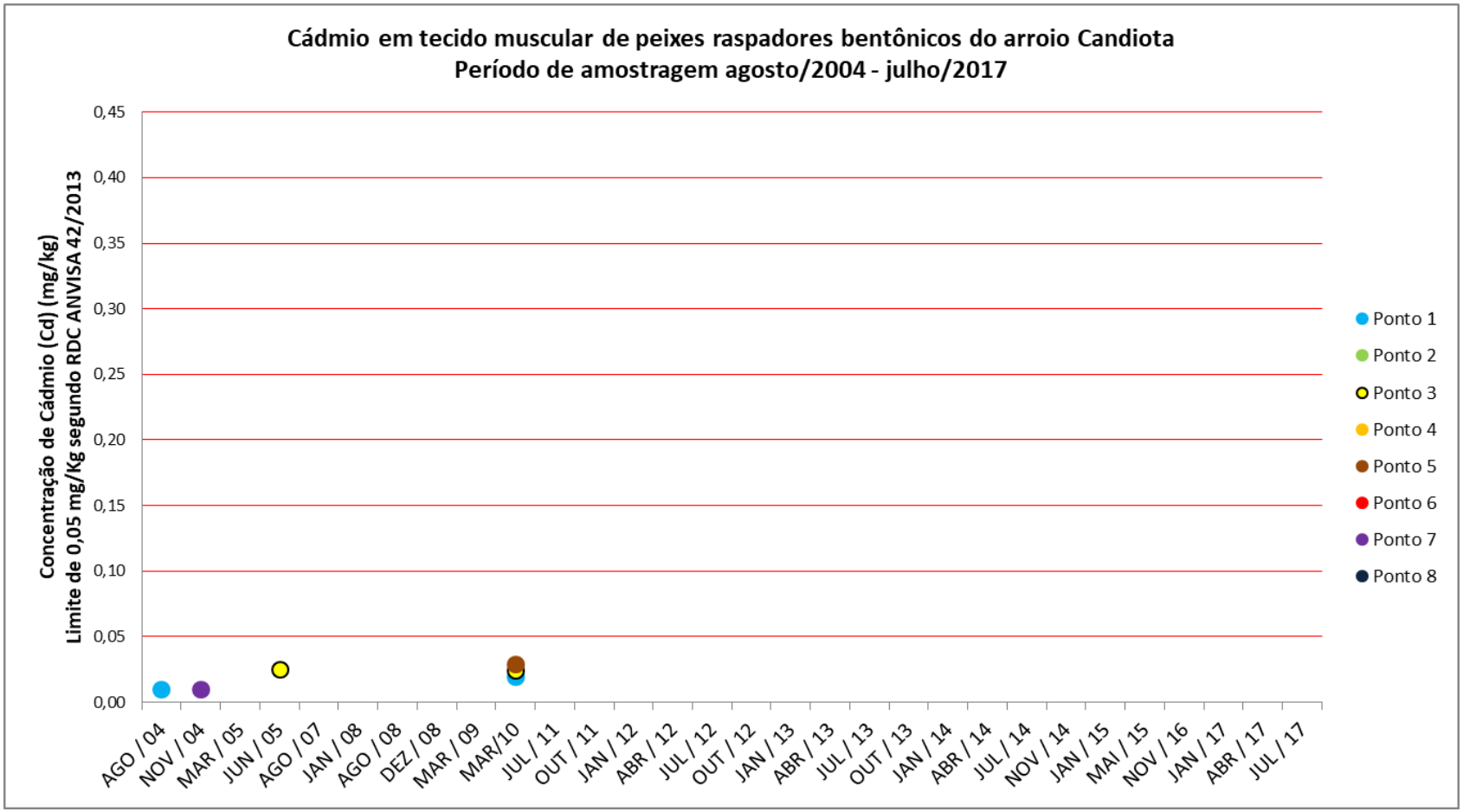


Figura 5.3.5.23 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Chumbo (Pb)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a julho/2017) foram analisadas 364 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 129 de peixes carnívoros (35,44%), 128 de peixes onívoros (35,16%) e 107 de peixes raspadores bentônicos (29,40%) (Tabela 5.3.5.9).

Trinta e oito amostras (10,44%) apresentaram valores detectáveis de Chumbo, das quais, seis amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 42/2013.

A maior incidência de amostras contaminadas acima do limite ocorre nos peixes onívoros (3,13%). Os registros não guardam relação com os locais monitorados sendo as quatro amostras contaminadas desse grupo oriundas de quatro locais distintos (Figura 5.3.5.25).

A contaminação encontrada em amostras de peixes carnívoros foi de 2,88% (3 amostras) e entre os peixes raspadores bentônicos foi de 8,64% (7 amostras) (Tabela 5.3.5.9).

Com exceção do Ponto 6, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.3.5.12 e Figuras 5.3.5.24, 5.3.5.25 e 5.3.5.26).

Tabela 5.3.5.12 - Número de amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	1	0	**1**
Ponto 2	1	0	0	**1**
Ponto 3	0	0	0	**0**
Ponto 4	0	1	1	**2**
Ponto 5	0	0	0	**0**
Ponto 6	0	0	0	**0**
Ponto 7	0	1	0	**1**
Ponto 8	0	1	0	**1**
Total	**1**	**4**	**1**	**6**

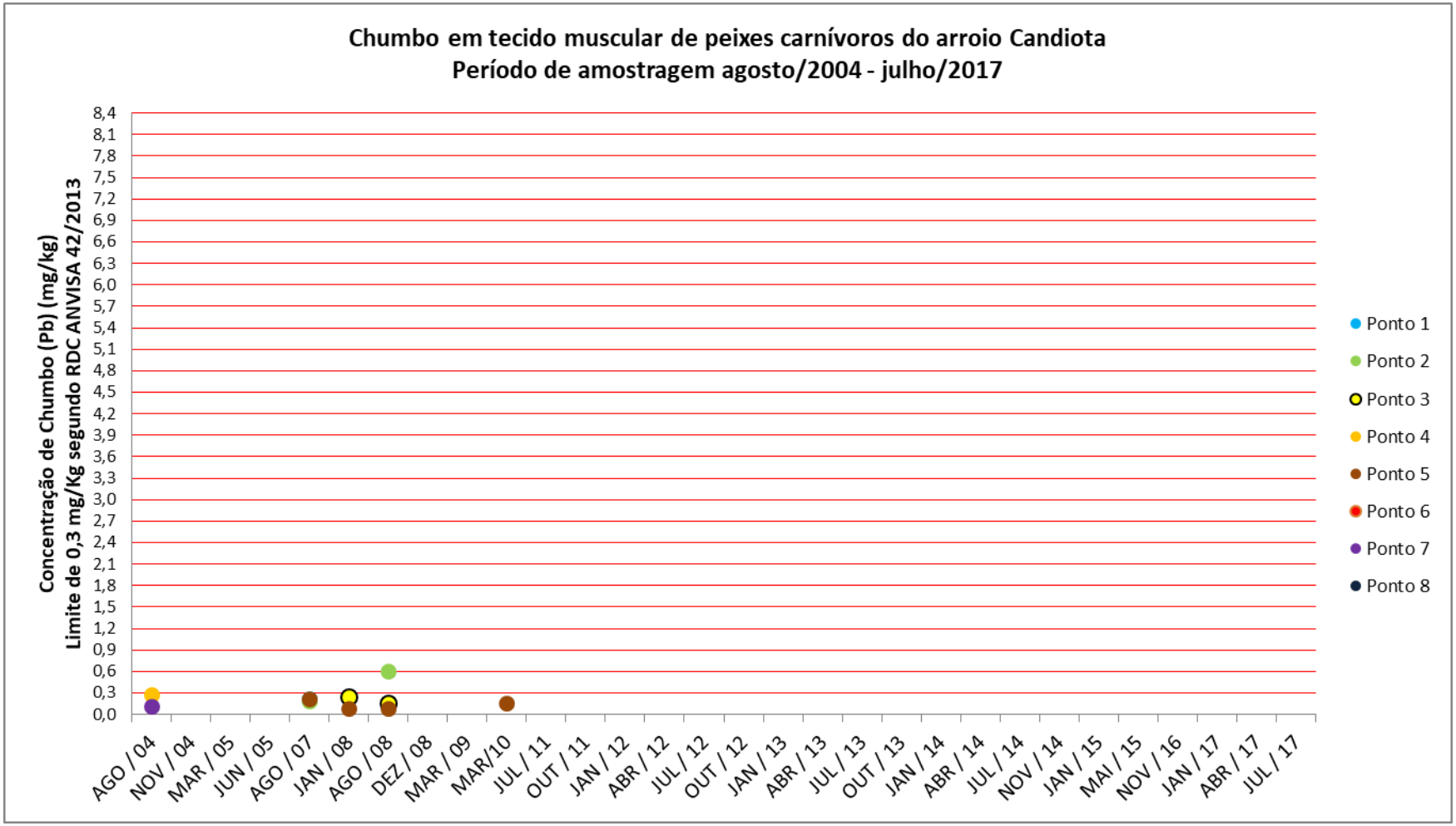


Figura 5.3.5.24 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

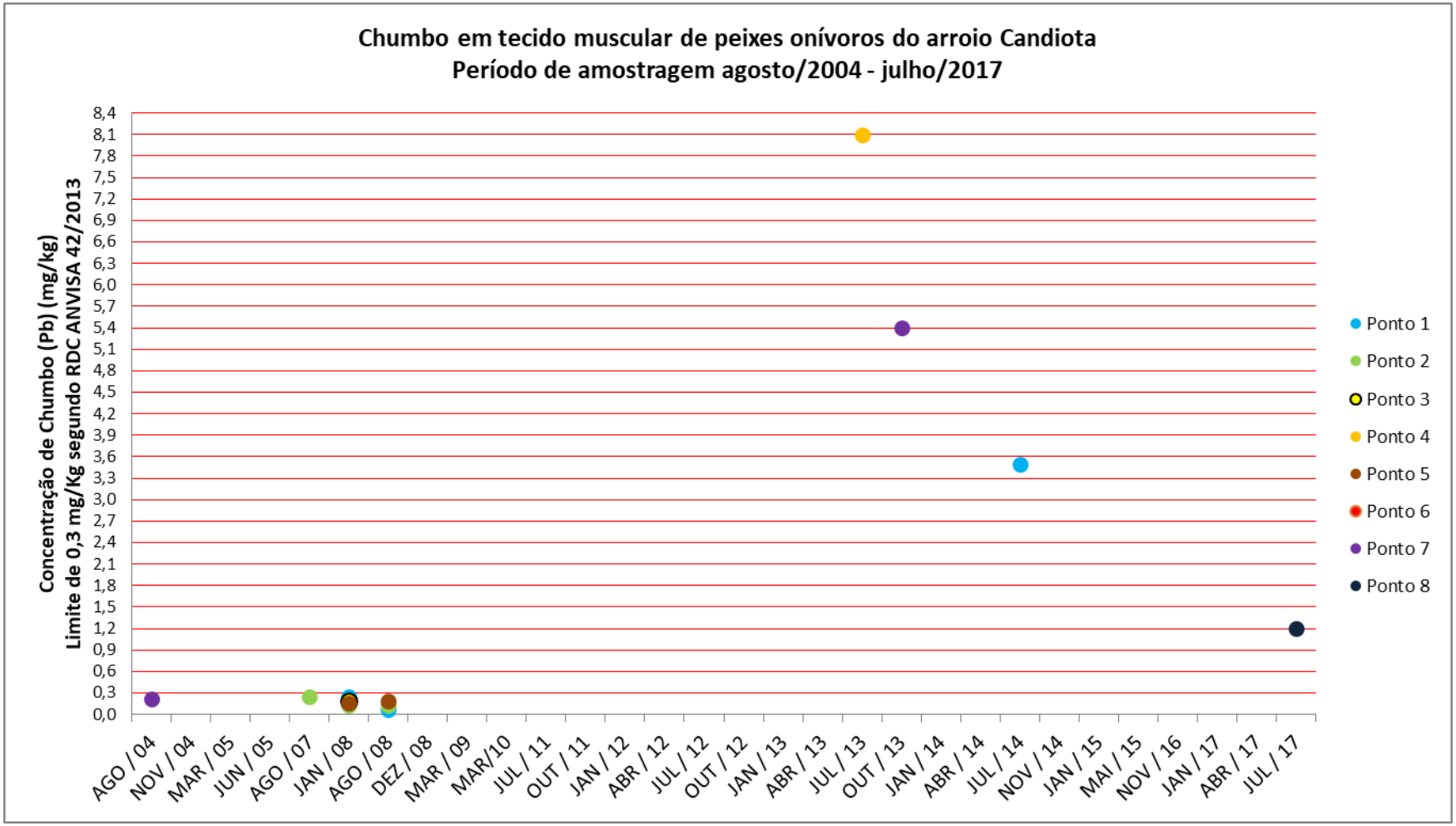


Figura 5.3.5.25 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

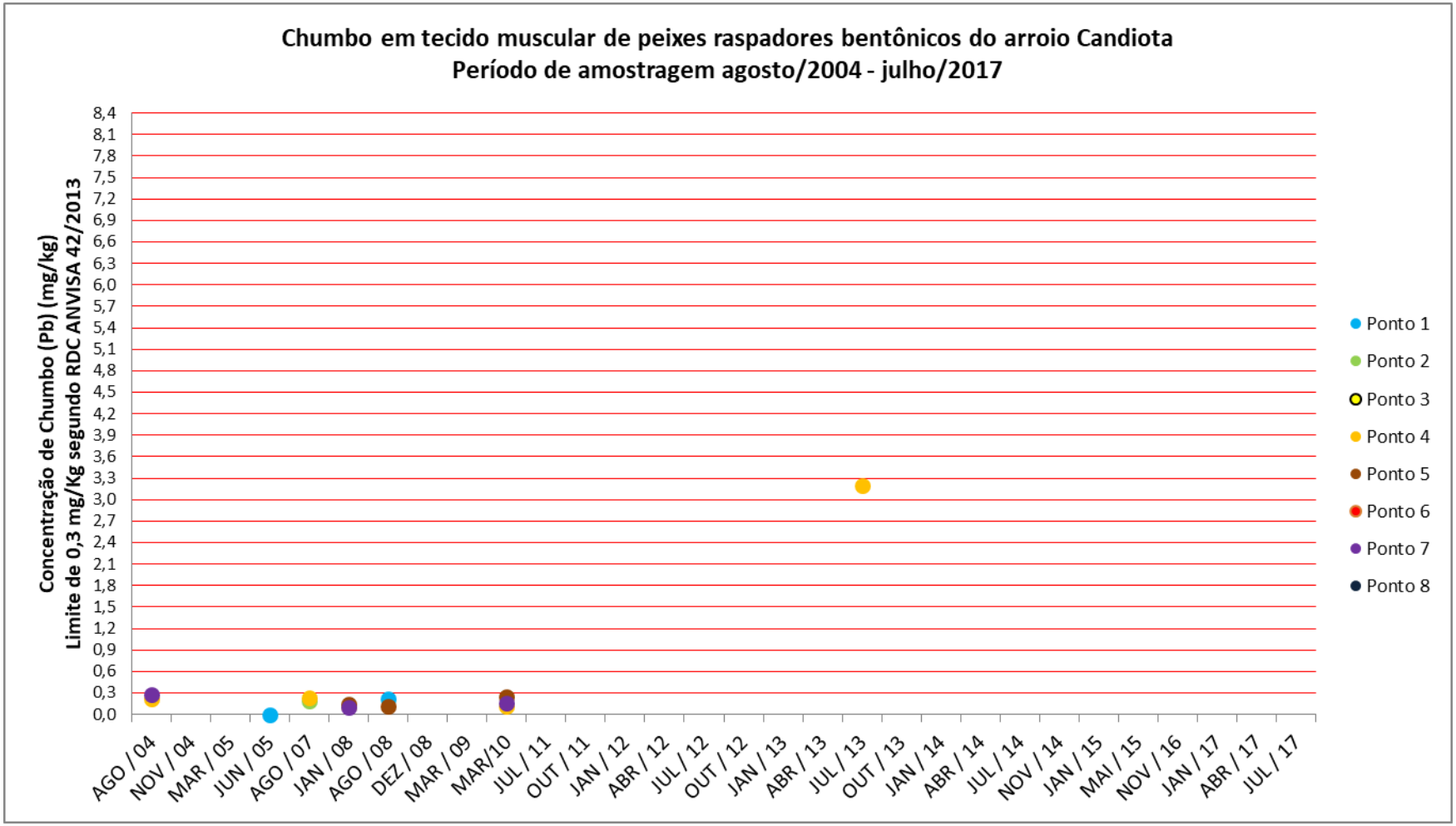


Figura 5.3.5.26 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Cobre (Cu)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a julho/2017) foram analisadas 364 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 129 de peixes carnívoros (35,44%), 128 de peixes onívoros (35,16%) e 107 de peixes raspadores bentônicos (29,40%) (Tabela 5.3.5.9).

Cento e oitenta e duas amostras (50,00%) apresentaram valores detectáveis de Cobre, das quais apenas uma amostra de um peixe onívoro capturado em janeiro/2017 no Ponto 6 apresentou concentrações de cobre acima do que estabelece a Dec. 55.871/1965.

Apesar de ainda manterem-se em níveis considerados seguros, os resultados do período 2016/2017 demonstram maior frequência de registros e em maiores concentrações de cobre em todos os níveis tróficos e em toda a rede de monitoramento.

As figuras 5.3.5.27, 5.3.5.28 e 5.3.5.29 apresentam os gráficos de concentração de Cobre para cada grupo trófico.

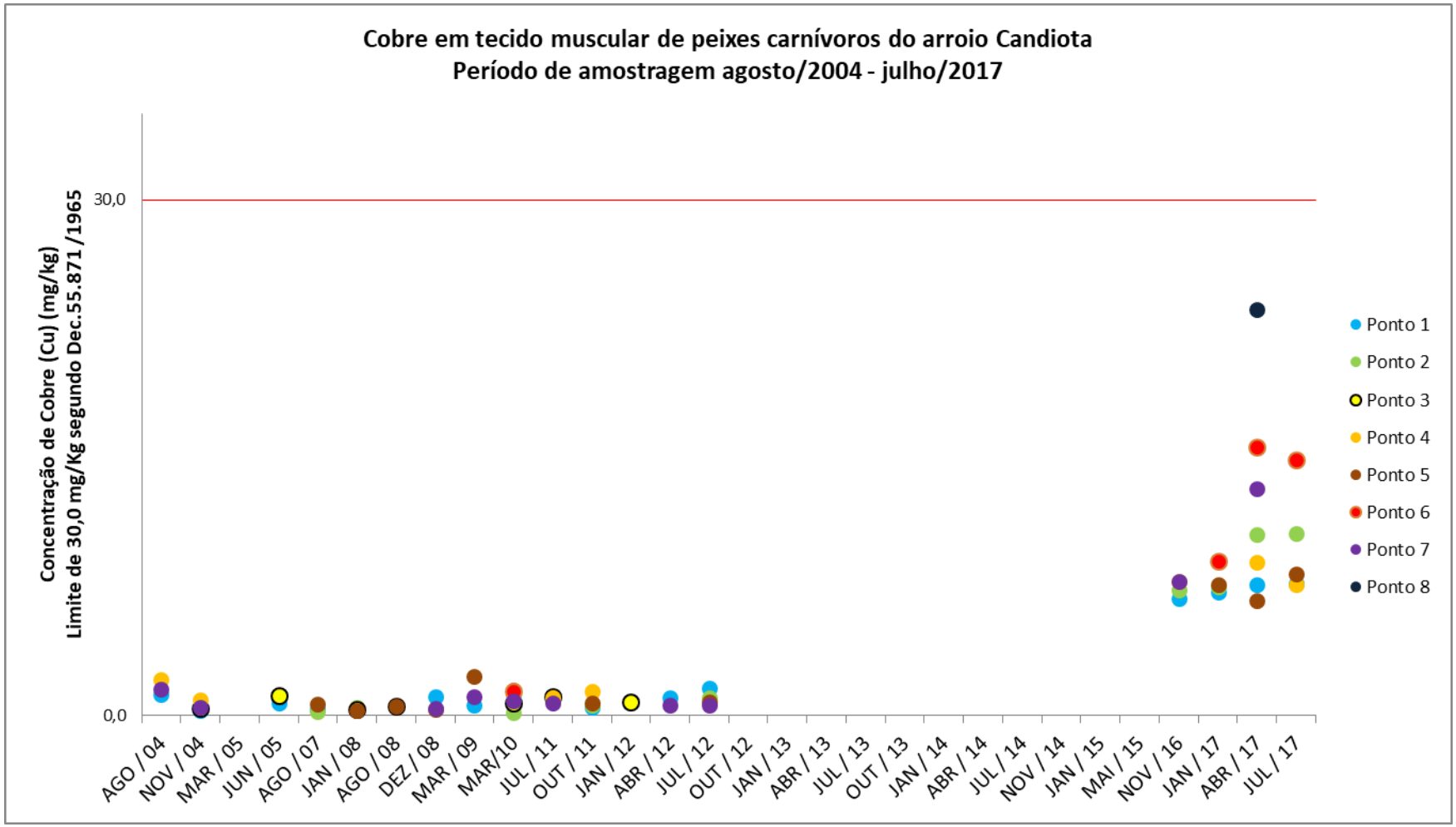


Figura 5.3.5.27 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

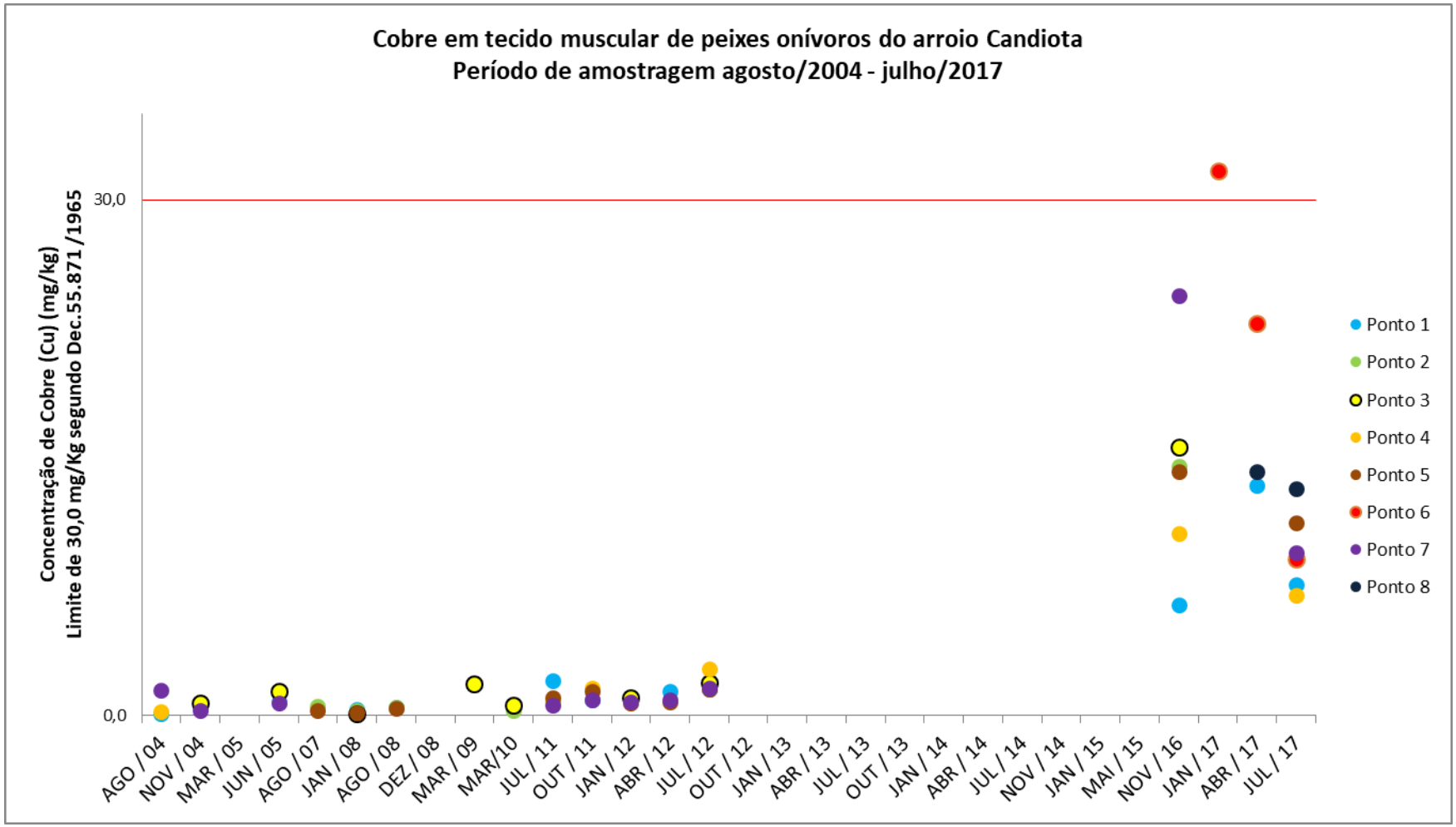


Figura 5.3.5.28 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

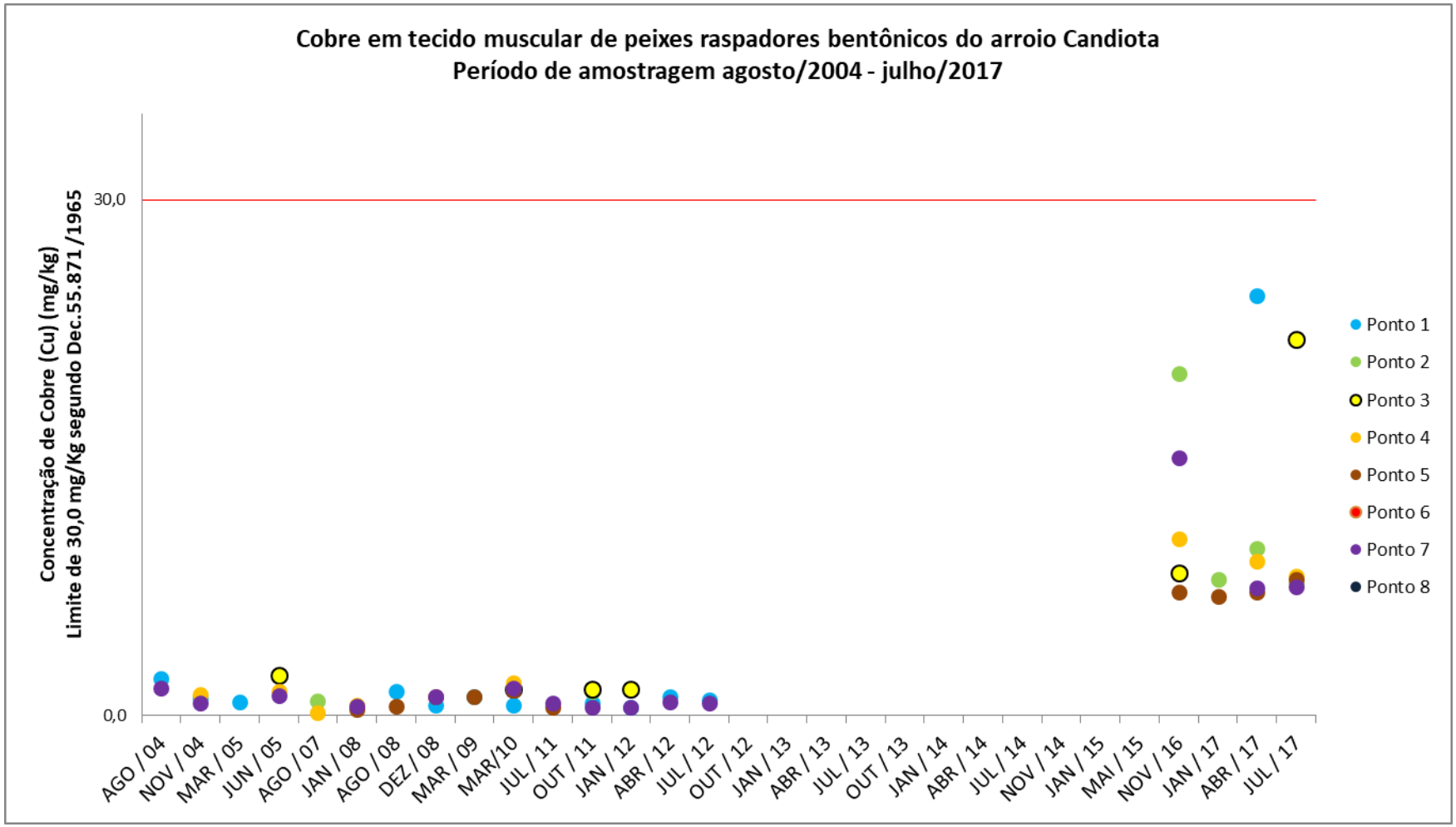


Figura 5.3.5.29 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Cromo (Cr)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a julho/2017) foram analisadas 364 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 129 de peixes carnívoros (35,44%), 128 de peixes onívoros (35,16%) e 107 de peixes raspadores bentônicos (29,40%) (Tabela 5.3.5.9).

Sessenta e duas amostras (17,03%) apresentaram valores detectáveis de Cromo, das quais, 36 amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece o Dec. 55.871/1965.

Todos os níveis tróficos tiveram aproximadamente 10% de suas amostras contaminadas acima dos limites considerados seguros (Tabela 5.3.5.9).

Os peixes raspadores bentônicos apresentaram 10,28% das amostras contaminadas (11 amostras), os peixes onívoros apresentaram 9,38% das amostras contaminadas (12 amostras) e os peixes carnívoros 10,08% das amostras (13 amostras) estavam contaminadas (Tabela 5.3.5.13). A maior frequência de registros de amostras contaminadas deu-se n fase inicial do monitoramento, entre 2004 e 2009. No entanto, apesar de amostras contaminadas após 2009 tornarem-se raras, chama a atenção que esses registros apresentam elevados valores de concentração (Figuras 5.3.5.30, 5.3.5.31 e 5.3.5.32).

Com exceção dos Pontos 6 e 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados, destacando-se que 31% das amostras contaminadas foram registradas no Ponto 1 (Tabela 5.3.5.13).

Tabela 5.3.5.13 - Número de amostras de peixes contaminados com Cromo (Cr) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	4	2	5	**11**
Ponto 2	1	0	2	**3**
Ponto 3	3	4	0	**7**
Ponto 4	2	1	3	**6**
Ponto 5	1	3	0	**4**
Ponto 6	0	0	0	**0**
Ponto 7	2	2	1	**5**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**13**	**12**	**11**	**36**

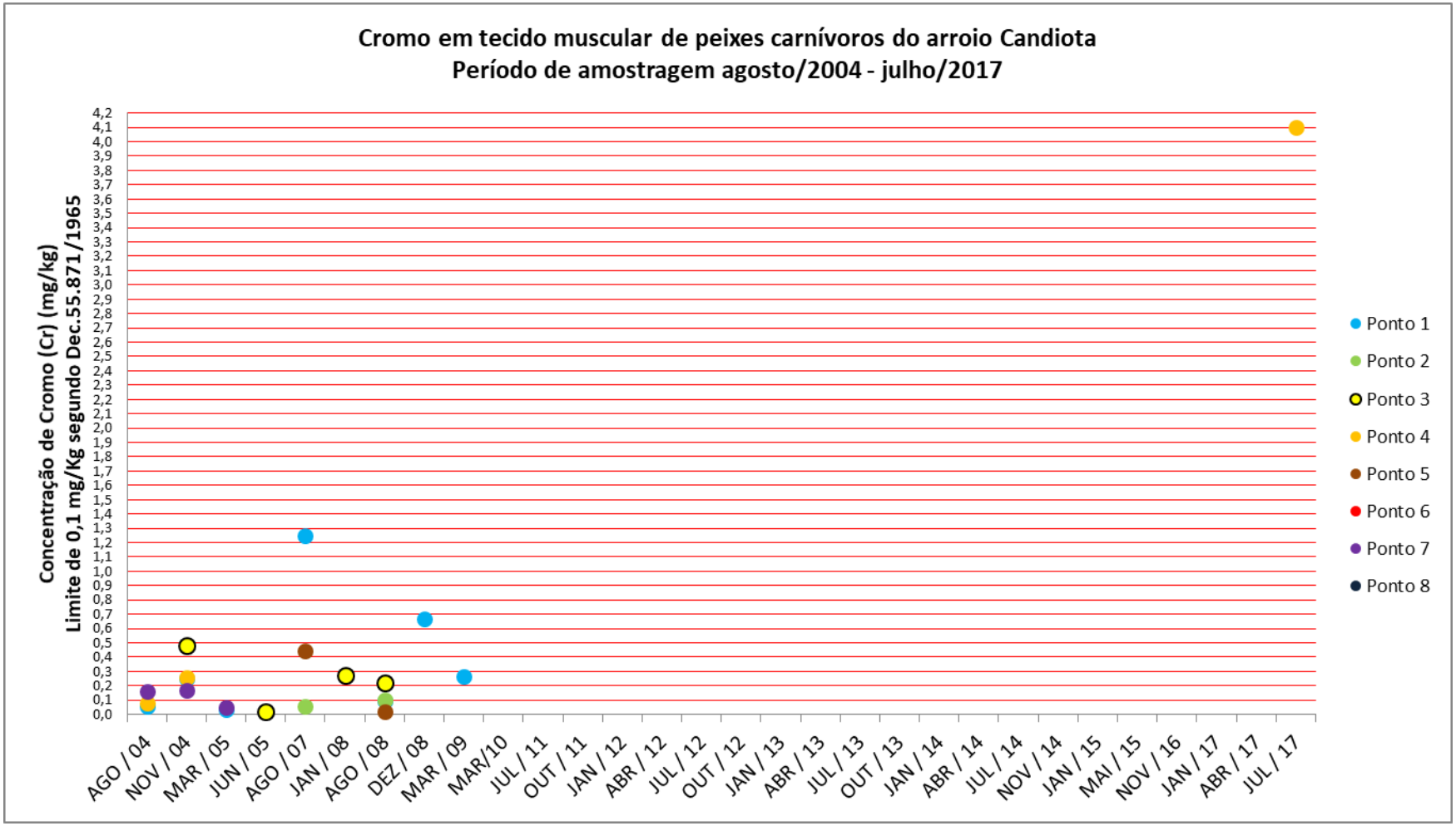


Figura 5.3.5.30 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

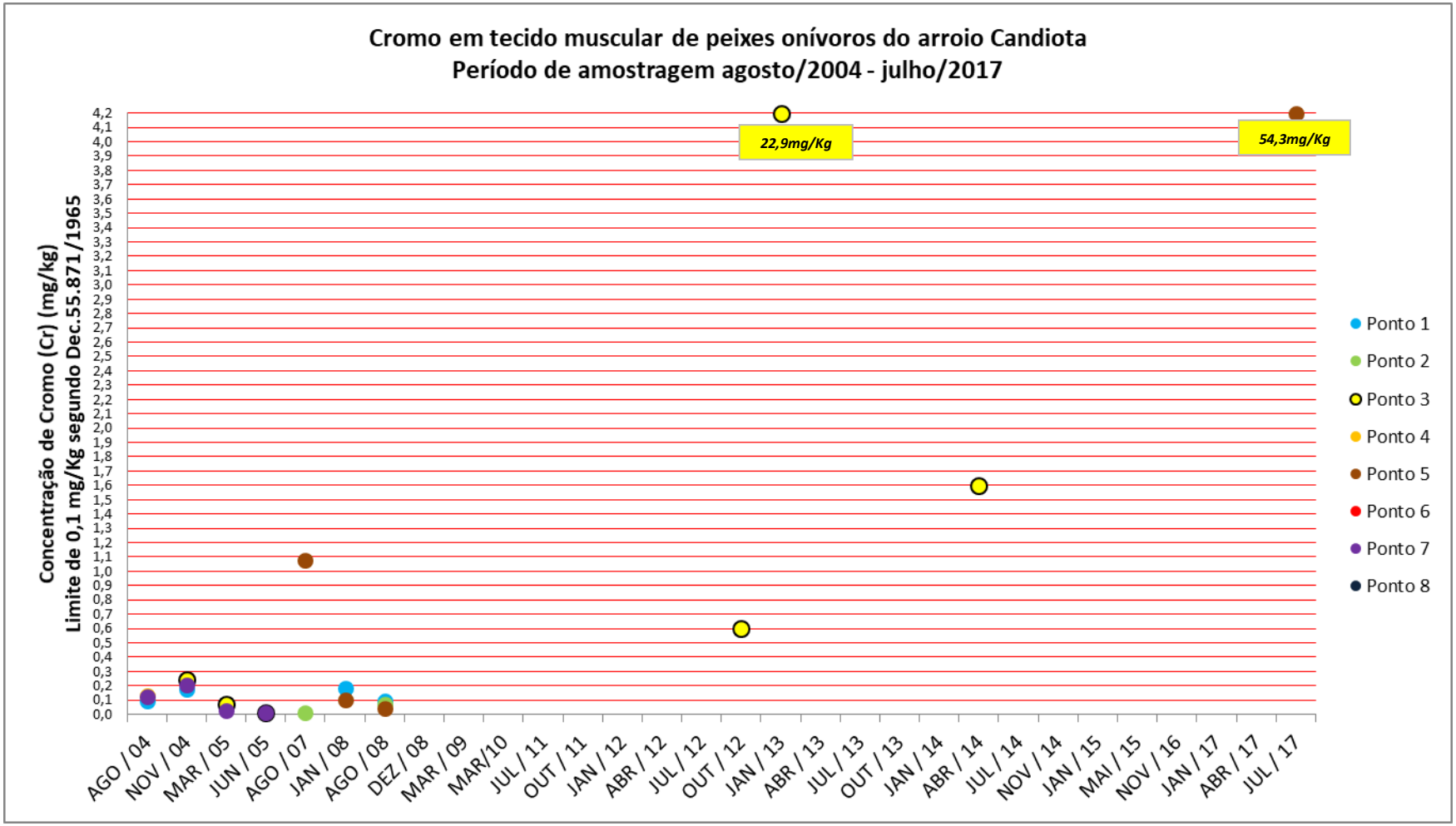


Figura 5.3.5.31 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

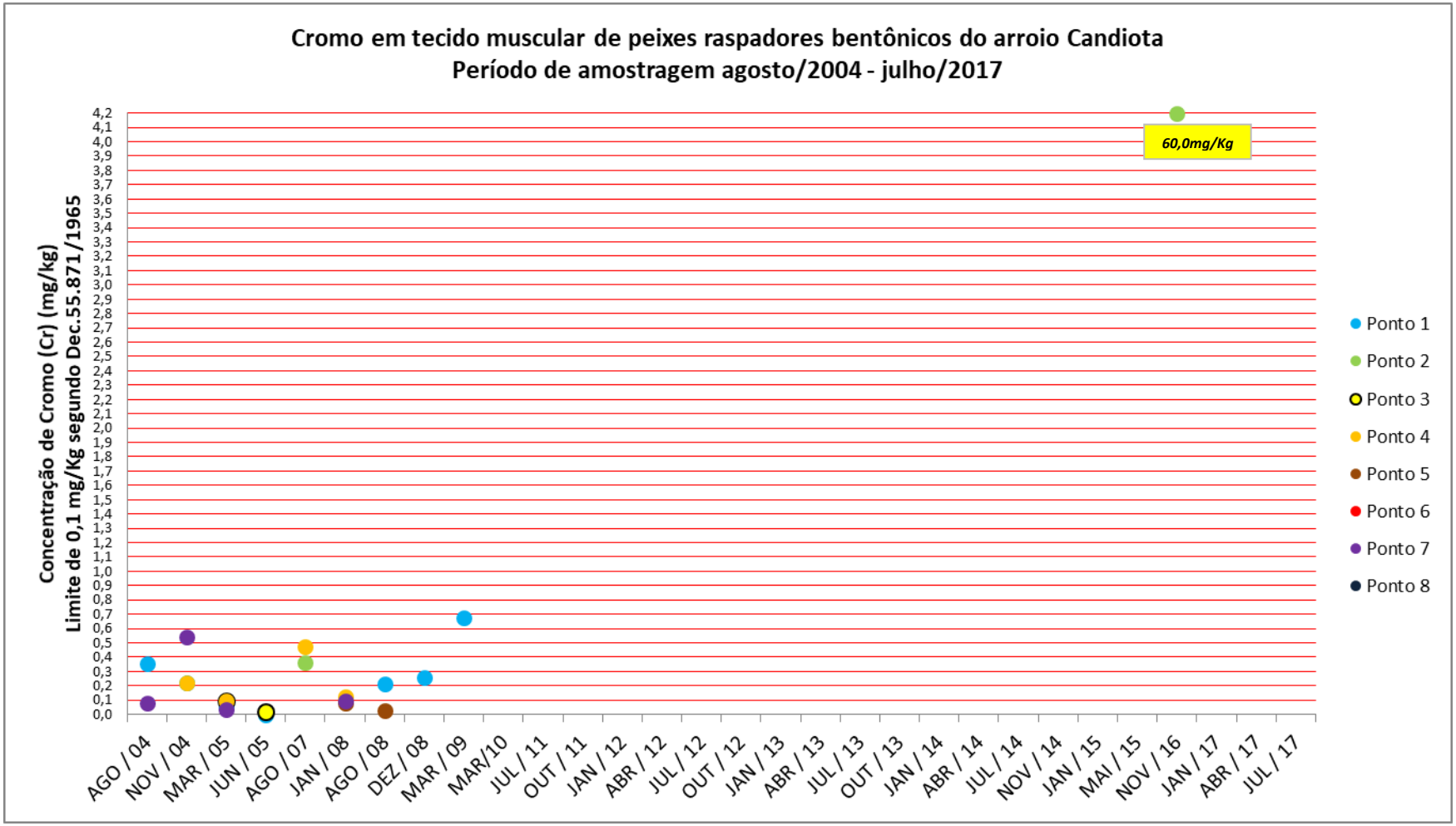


Figura 5.3.5.32 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Manganês (Mn)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2007 a julho/2017) foram analisadas 327 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 118 de peixes carnívoros (36,06%), 115 de peixes onívoros (35,17%) e 94 de peixes raspadores bentônicos (28,75%) (Tabela 5.3.5.9).

O manganês é o terceiro elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Duzentas e quarenta e seis amostras (75,23%) apresentaram valores detectáveis de Manganês, das quais, 94 amostras apresentaram concentrações acima da referência proposta por Bowen (1979).

Os peixes onívoros apresentaram 38,26% de contaminação acima do limite de referência (44 amostras) enquanto os peixes raspadores bentônicos apresentaram contaminação de 32,98% de contaminação acima do limite de referência (31 amostras). Entre as amostras de peixes carnívoros, 16,10% apresentaram níveis de contaminação acima do limite de referência (19 amostras) (Tabela 5.3.5.14).

Concentrações extremas foram registradas em peixes carnívoros no Ponto 6 nas campanhas de janeiro/2017 (153,0 mg/Kg) e julho/2017 (79,9 mg/Kg). Entre os onívoros concentrações extremas foram registradas no Ponto 2 na campanha de janeiro/2013 (54,1 mg/Kg) e no Ponto 6 na campanha de julho/2017 (215,0 mg/Kg). Os raspadores bentônicos apresentaram concentrações de manganês extremamente altas no Ponto 4 na campanha de abril/2017 (50,3 mg/Kg) e no Ponto 7 na campanha de dezembro/2008 (810 mg/kg).

Com exceção do Ponto 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.3.5.14 e Figuras 5.3.5.33, 5.3.5.34 e 5.3.5.35).

Tabela 5.3.5.14 - Número de amostras de peixes contaminados com Manganês (Mn) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	6	6	8	**20**
Ponto 2	2	5	5	**12**
Ponto 3	2	8	7	**17**
Ponto 4	0	8	2	**10**
Ponto 5	6	8	4	**18**
Ponto 6	3	3	0	**6**
Ponto 7	0	6	5	**11**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**19**	**44**	**31**	**94**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

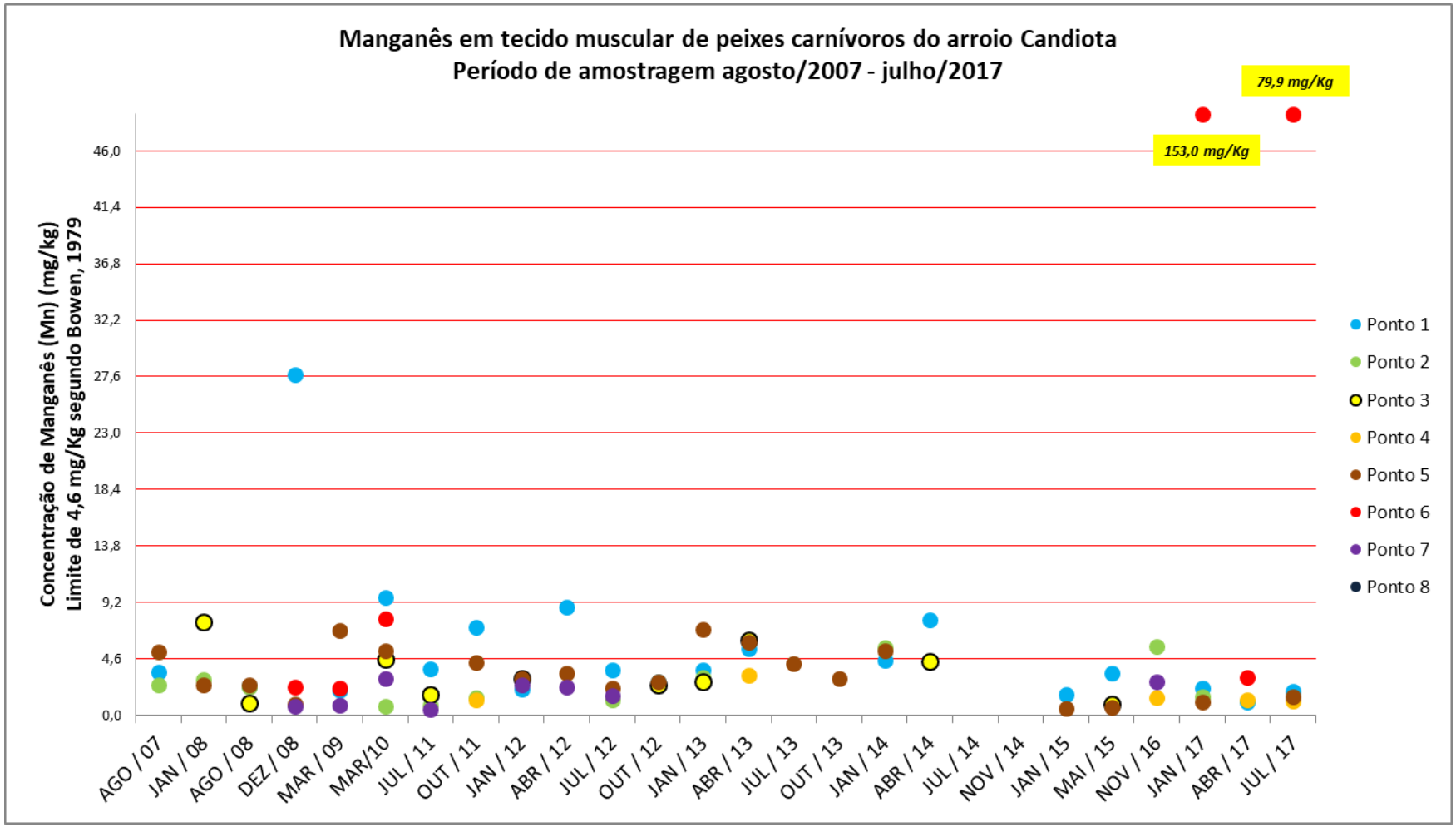


Figura 5.3.5.33 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

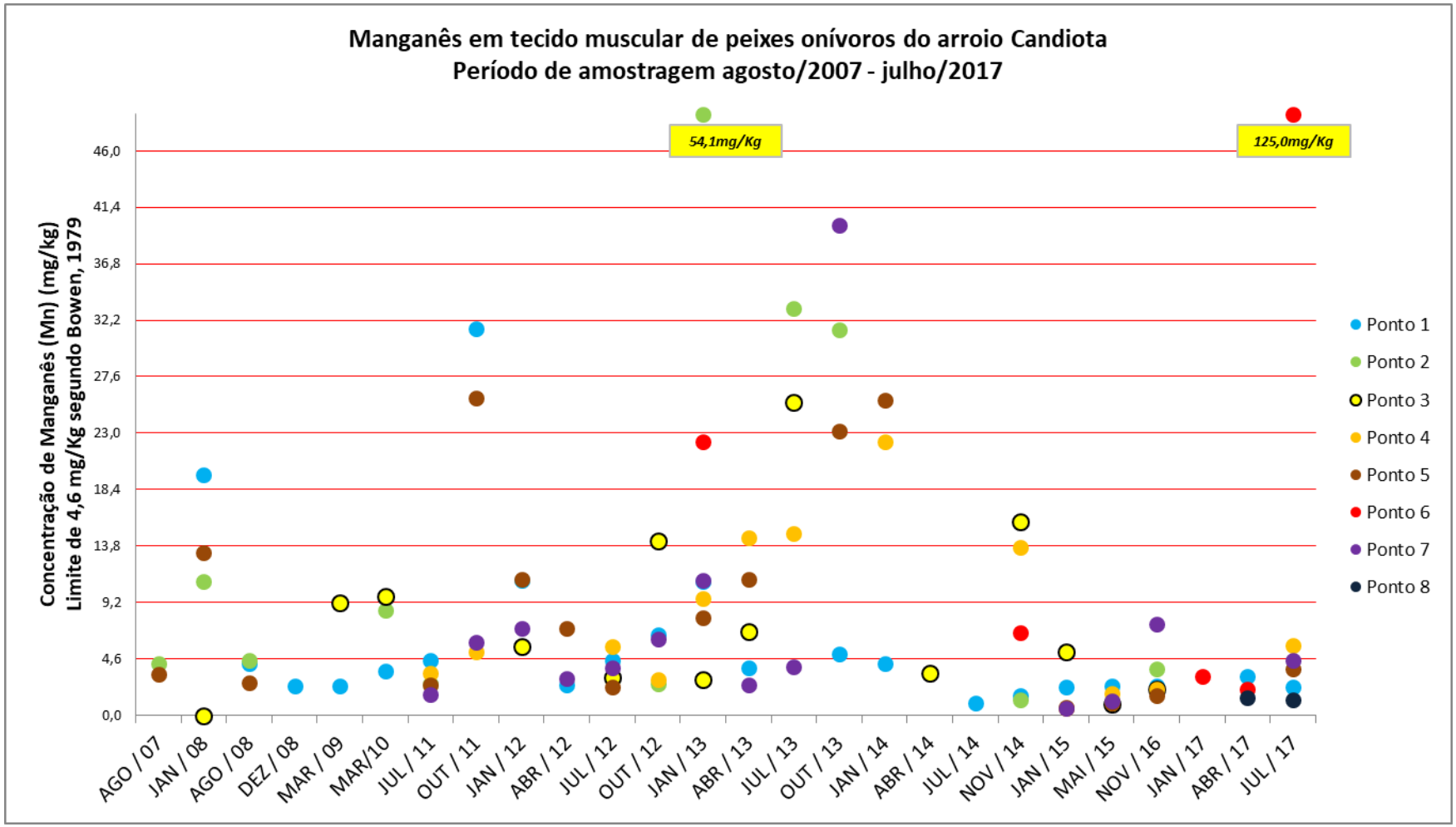


Figura 5.3.5.34 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

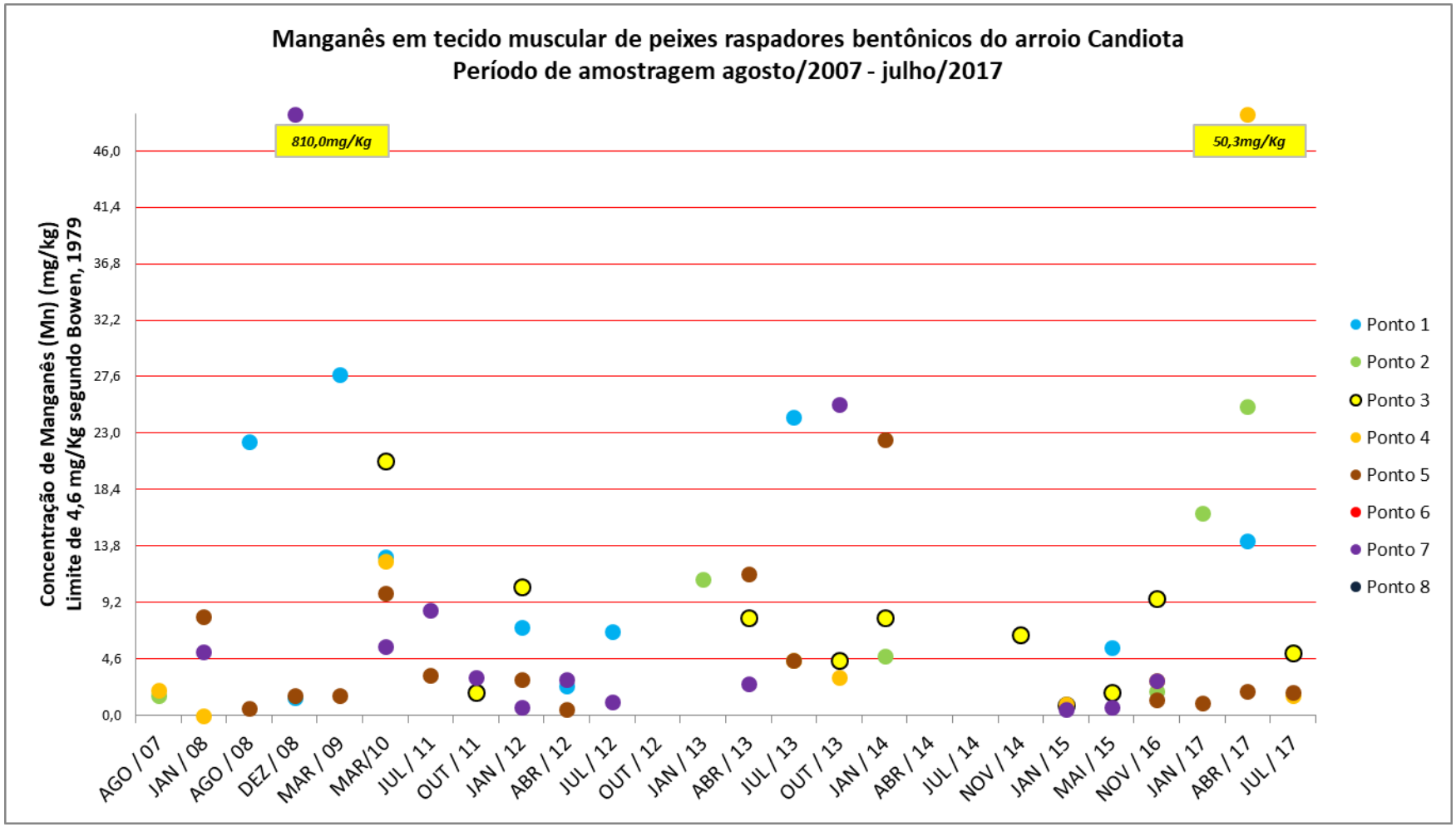


Figura 5.3.5.35 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Mercúrio (Hg)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2007 a julho/2017) foram analisadas 248 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 106 de peixes carnívoros (36,81%), 101 de peixes onívoros (35,07%) e 81 de peixes raspadores bentônicos (28,13%) (Tabela 5.3.5.9).

O mercúrio é o segundo elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Cento e noventa e sete amostras (79,44%) apresentaram valores detectáveis de Mercúrio, das quais, 80 amostras com concentrações acima do limite estabelecido pela RDC ANVISA 42/2013.

Os peixes carnívoros apresentaram 49,06% de contaminação acima do limite de referência (52 amostras) e além de ser o grupo mais contaminado, foi aquele em que as maiores concentrações foram observadas (Figura 5.3.5.36).

Entre os peixes onívoros, 20,79% apresentaram contaminação acima do limite de referência (21 amostras). Entre as amostras de peixes raspadores bentônicos, 17,07% apresentaram níveis de contaminação acima do limite de referência (7 amostras) (Tabela 5.3.5.15).

Com exceção do Ponto 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.3.5.15 e Figuras 5.3.5.36, 5.3.5.37 e 5.3.5.38).

Tabela 5.3.5.15 - Número de amostras de peixes contaminados com Mercúrio (Hg) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	14	5	1	**20**
Ponto 2	8	3	1	**12**
Ponto 3	5	1	2	**8**
Ponto 4	4	2	2	**8**
Ponto 5	10	5	0	**15**
Ponto 6	0	1	0	**1**
Ponto 7	11	4	1	**16**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**52**	**21**	**7**	**80**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

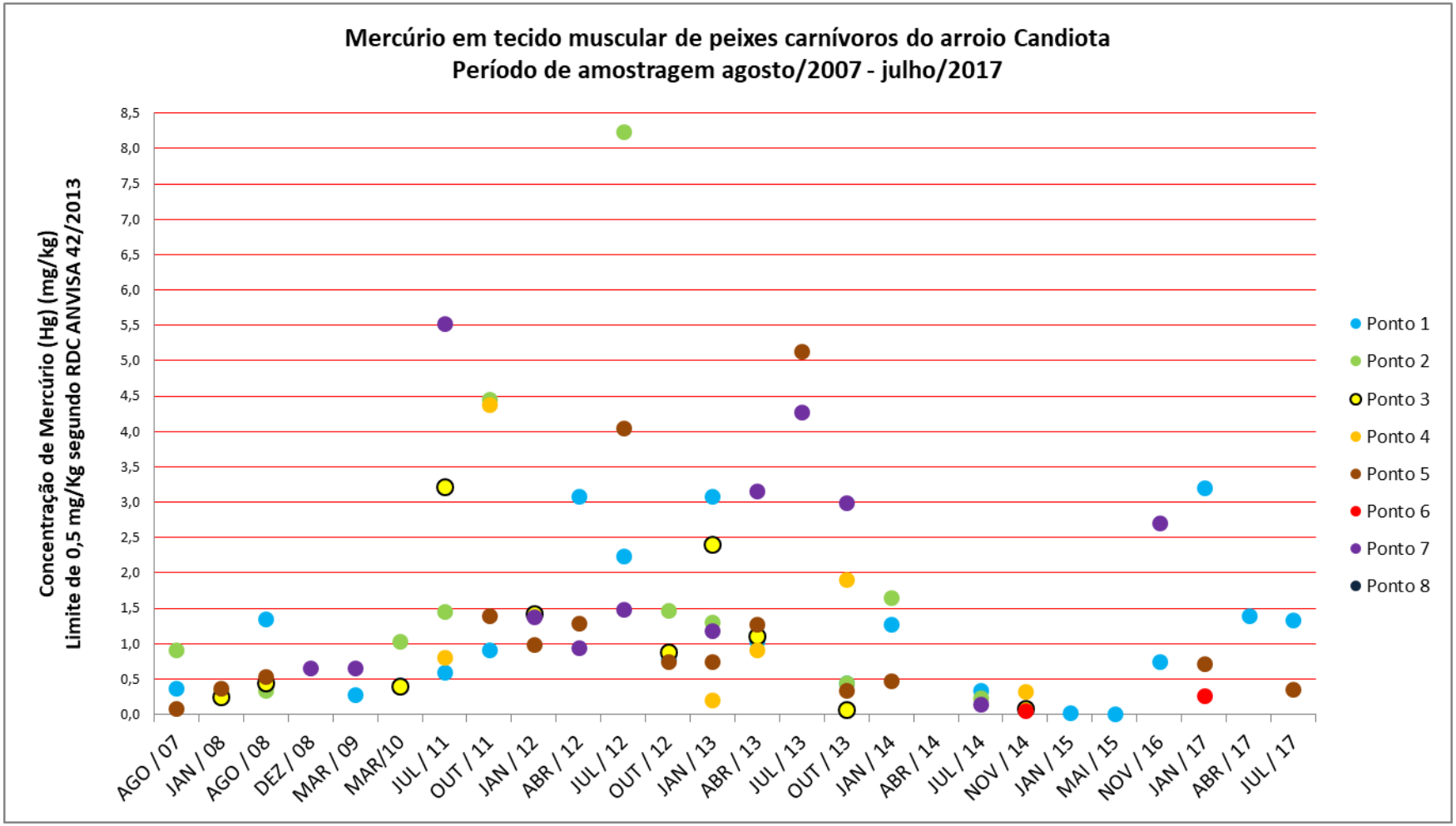


Figura 5.3.5.36 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

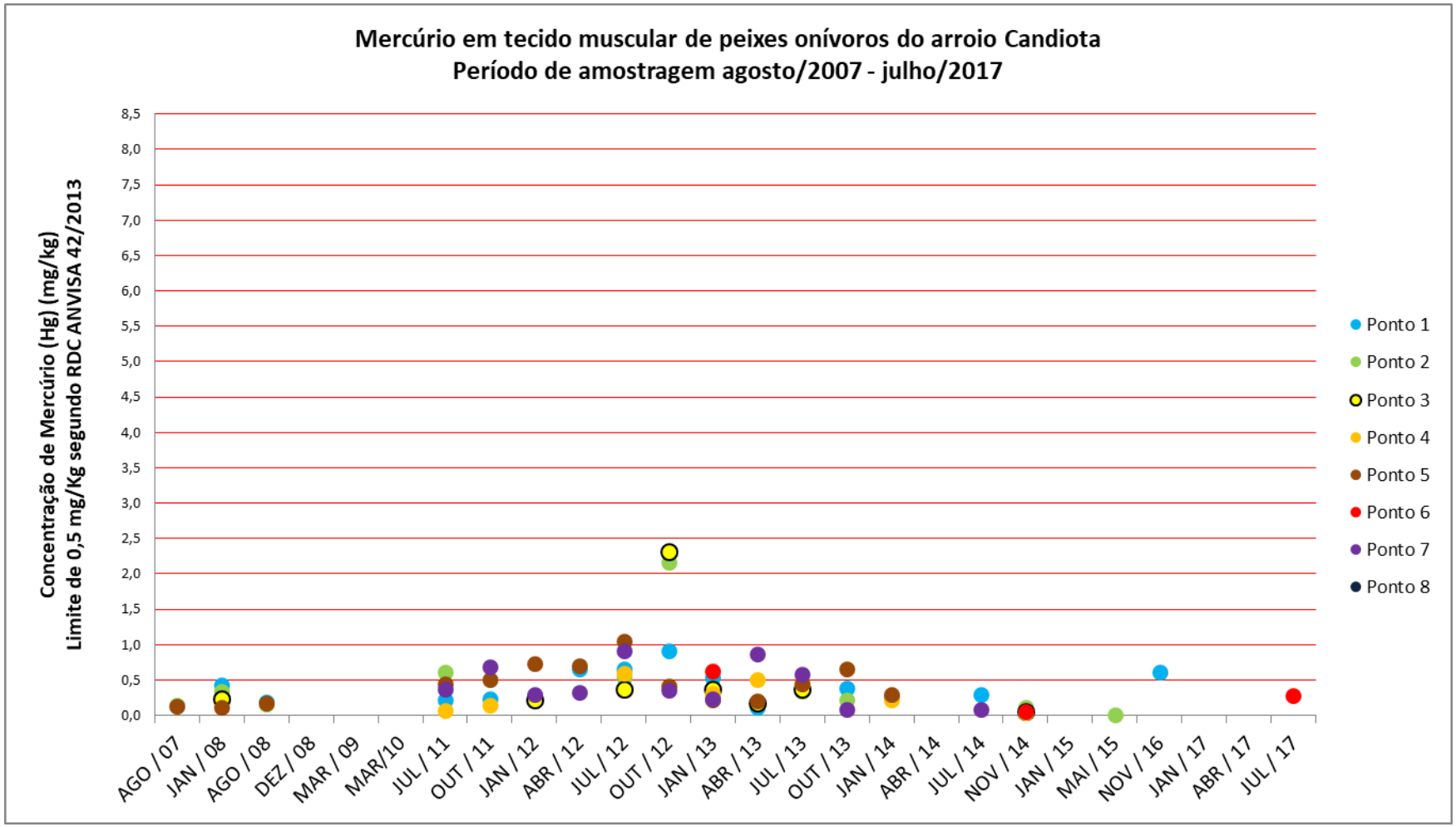


Figura 5.3.5.37 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

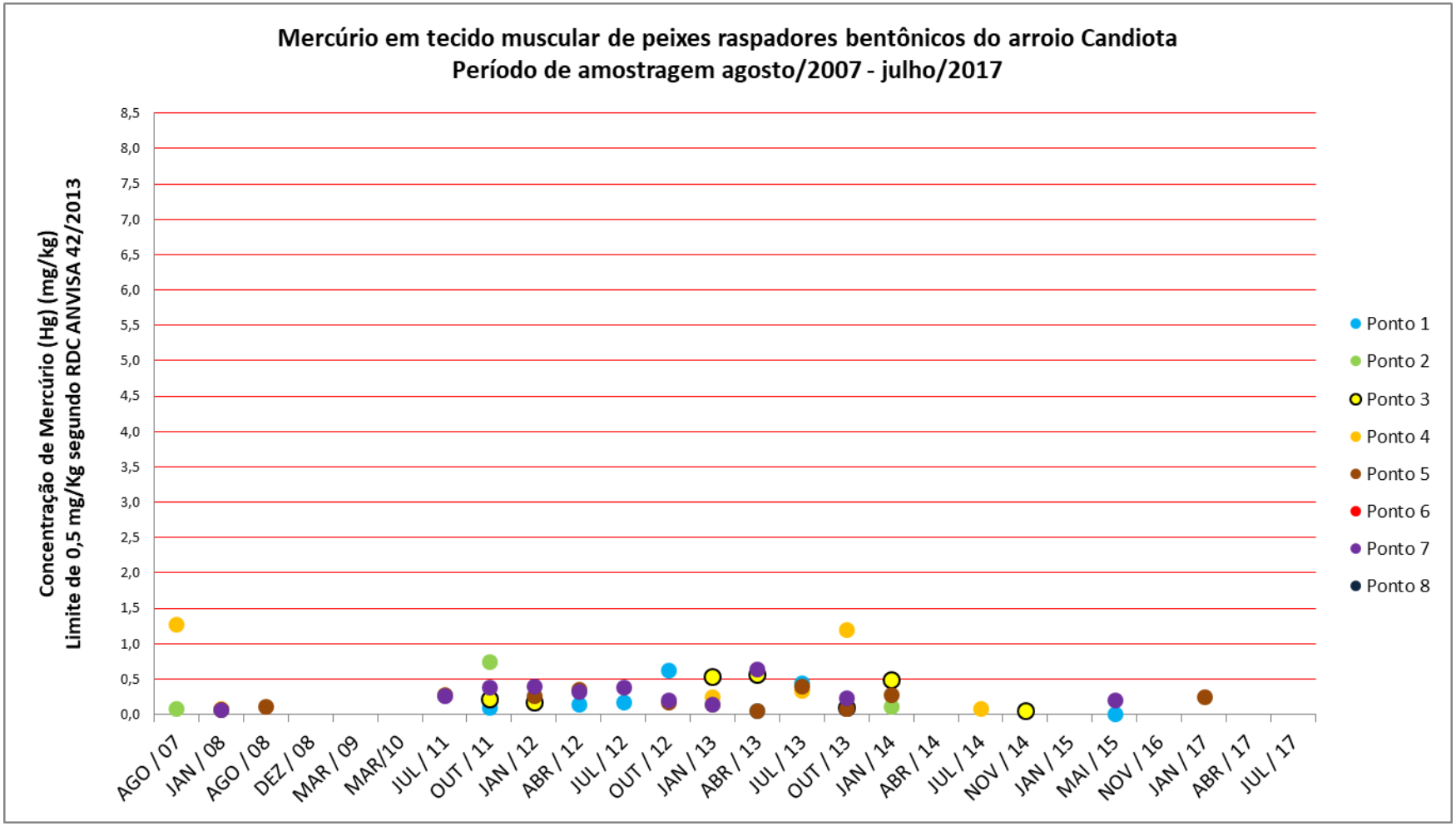


Figura 5.3.5.38 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Níquel (Ni)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a julho/2017) foram analisadas 364 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 129 de peixes carnívoros (35,44%), 128 de peixes onívoros (35,16%) e 107 de peixes raspadores bentônicos (29,40%) (Tabela 5.3.5.9).

Vinte e cinco amostras (6,87%) apresentaram valores detectáveis de Níquel sendo que a maioria desses registros é anterior a 2009. Nenhuma amostra apresentou concentração acima do limite estabelecido no Dec. 55.871/1965.

As figuras 5.3.5.39, 5.3.5.40 e 5.3.5.41 apresentam os gráficos de concentração de Níquel para cada grupo trófico.

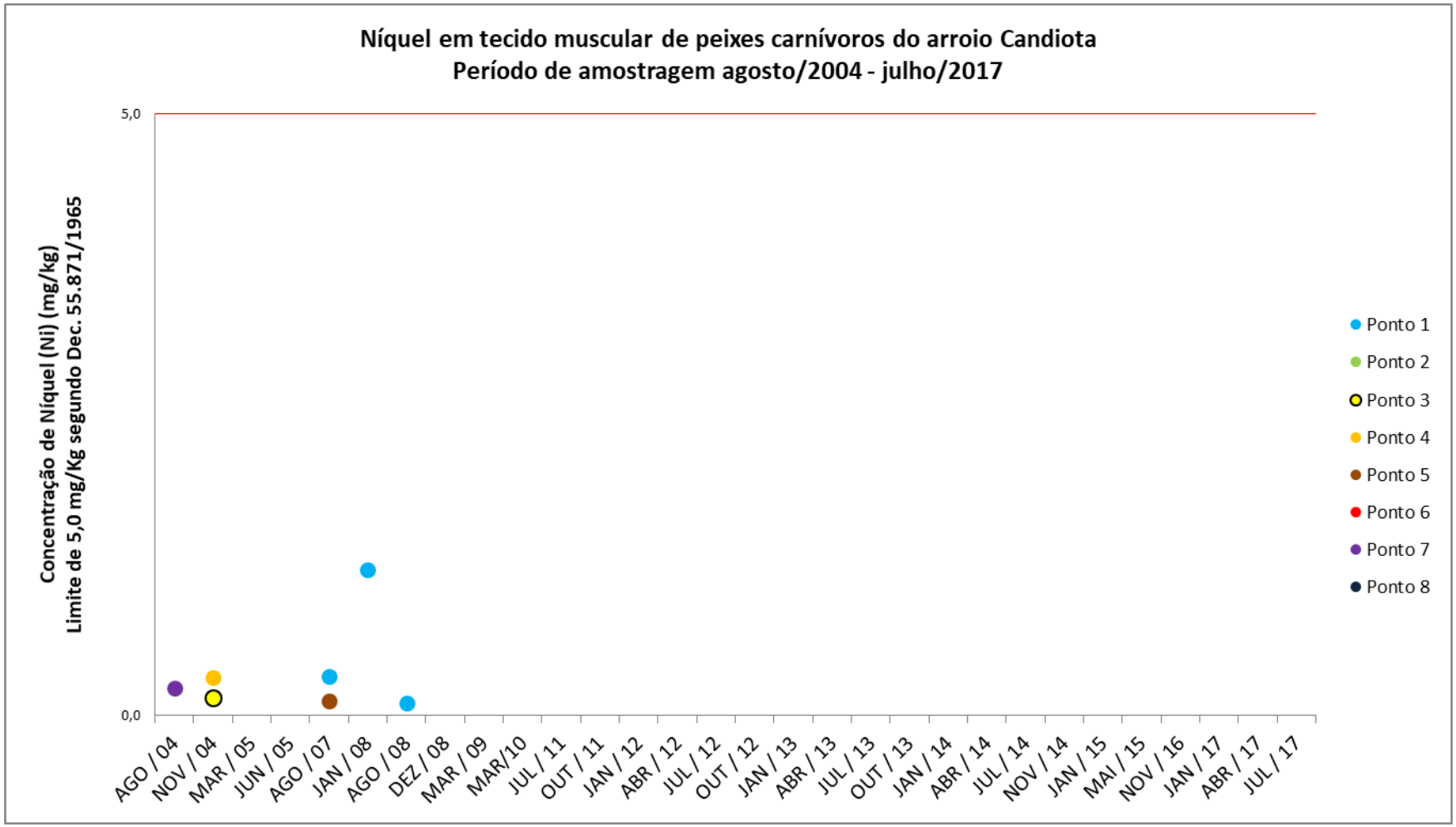


Figura 5.3.5.39 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

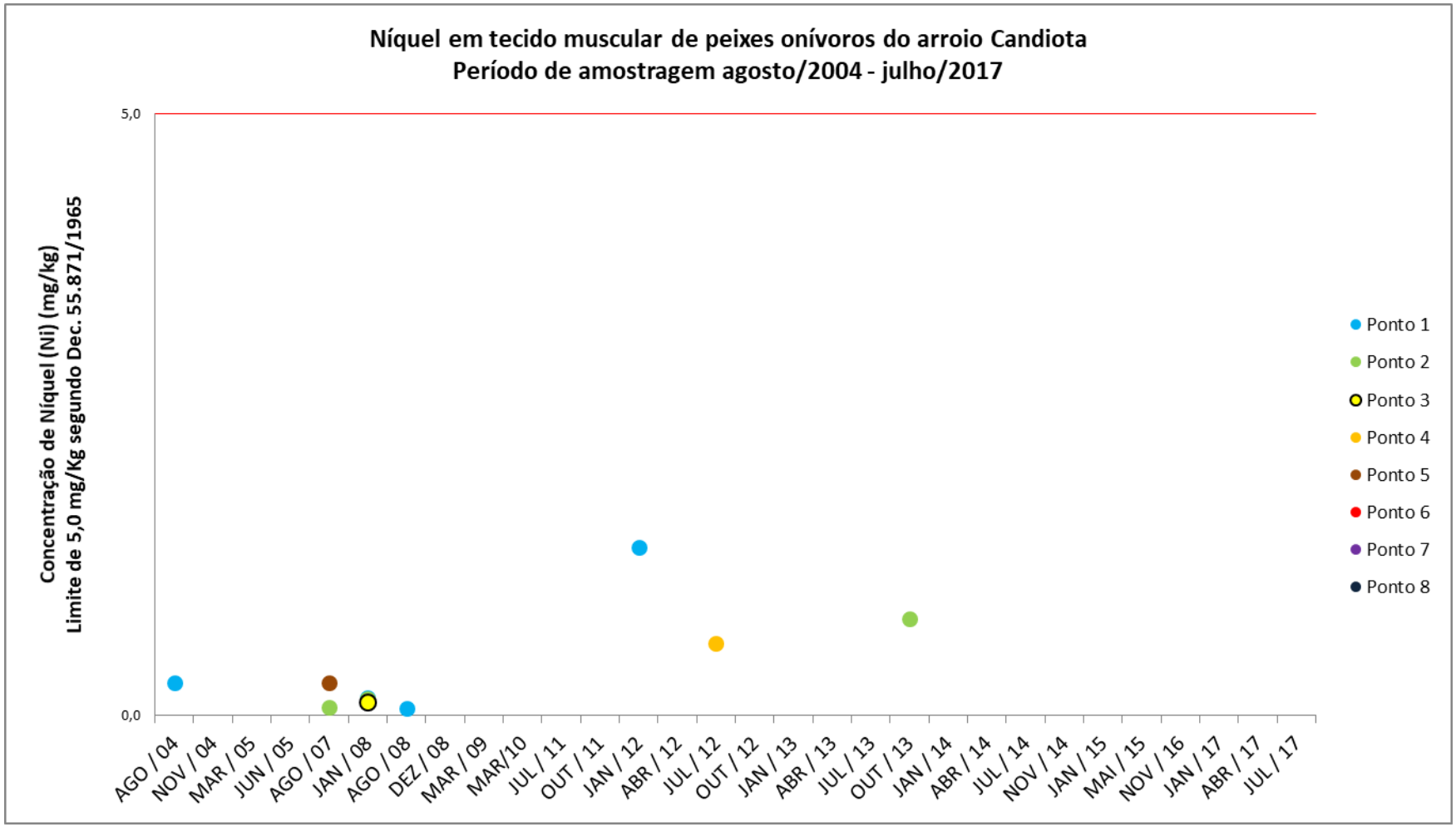


Figura 5.3.5.40 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

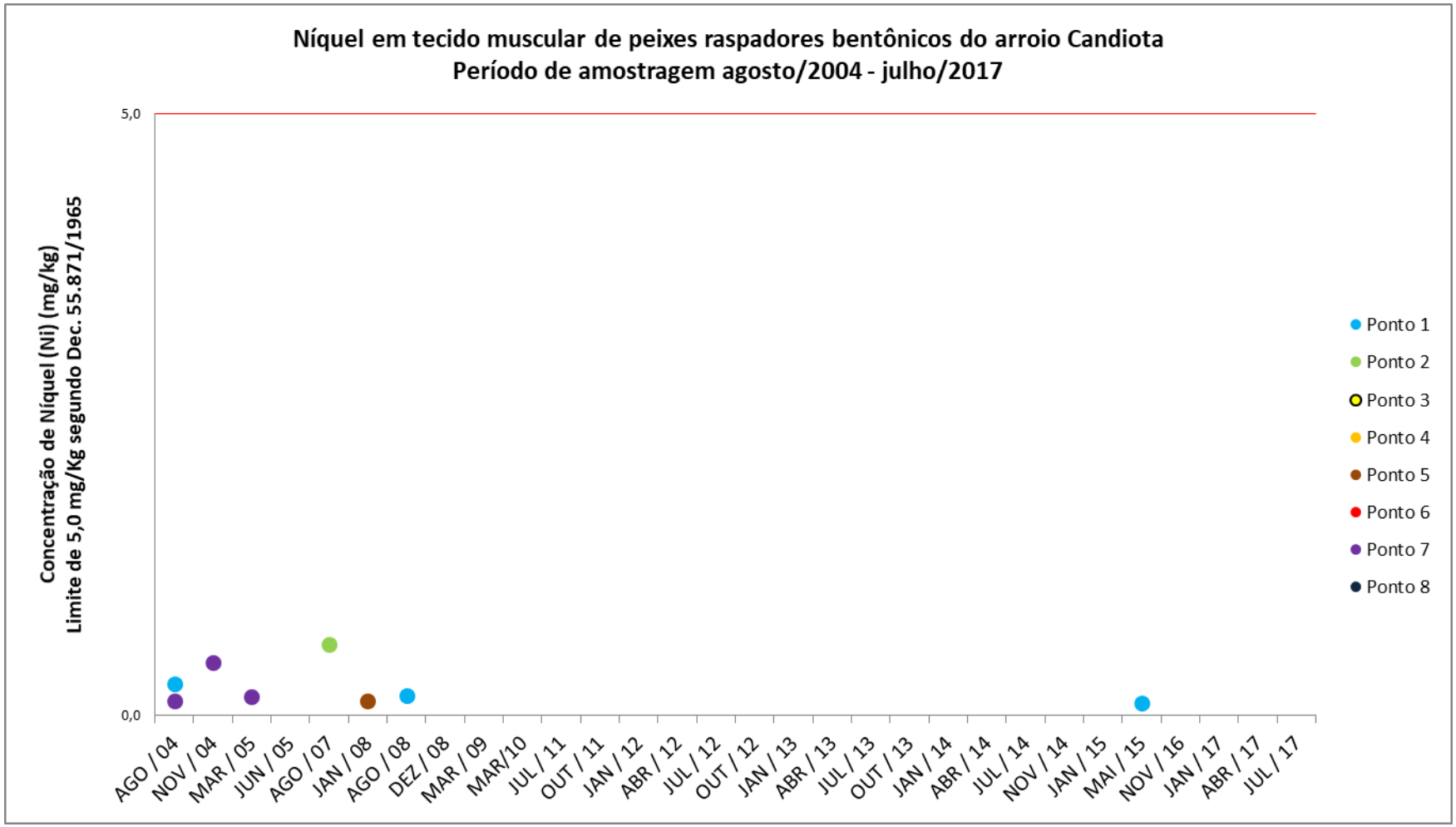


Figura 5.3.5.41 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Zinco (Zn)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a julho/2017) foram analisadas 363 amostras de tecido de peixes (músculo) das quais 129 de peixes carnívoros (35,54%), 127 de peixes onívoros (34,99%) e 107 de peixes raspadores bentônicos (29,48%) (Tabela 5.3.5.9).

O Zinco é o elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Trezentas e trinta e uma amostras (91,18%) apresentaram valores detectáveis de Zinco, das quais, 54 amostras com concentrações acima do limite estabelecido pela RDC ANVISA 42/2013.

Os peixes onívoros, 30,71% apresentaram contaminação acima do limite de referência (39 amostras) (Tabela 5.3.5.16).

Entre as amostras de peixes carnívoros, 10,85% apresentaram níveis de contaminação acima do limite de referência (14 amostras) (Tabela 5.3.5.14). Esse grupo trófico se destaca pelas concentrações extremas de Zinco encontradas (Figura 5.3.5.42). Os peixes raspadores bentônicos registraram apenas uma amostra contaminada (1,02%) (Tabela 5.3.5.16).

Com exceção do Ponto 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.3.5.16 e Figuras 5.3.5.42, 5.3.5.43 e 5.3.5.44).

Tabela 5.3.5.16 - Número de amostras de peixes contaminados com Zinco (Zn) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Locais monitorados	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	1	6	1	**8**
Ponto 2	2	6	0	**8**
Ponto 3	2	4	0	**6**
Ponto 4	1	8	0	**9**
Ponto 5	4	7	0	**11**
Ponto 6	3	1	0	**4**
Ponto 7	1	7	0	**8**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**14**	**39**	**1**	**54**

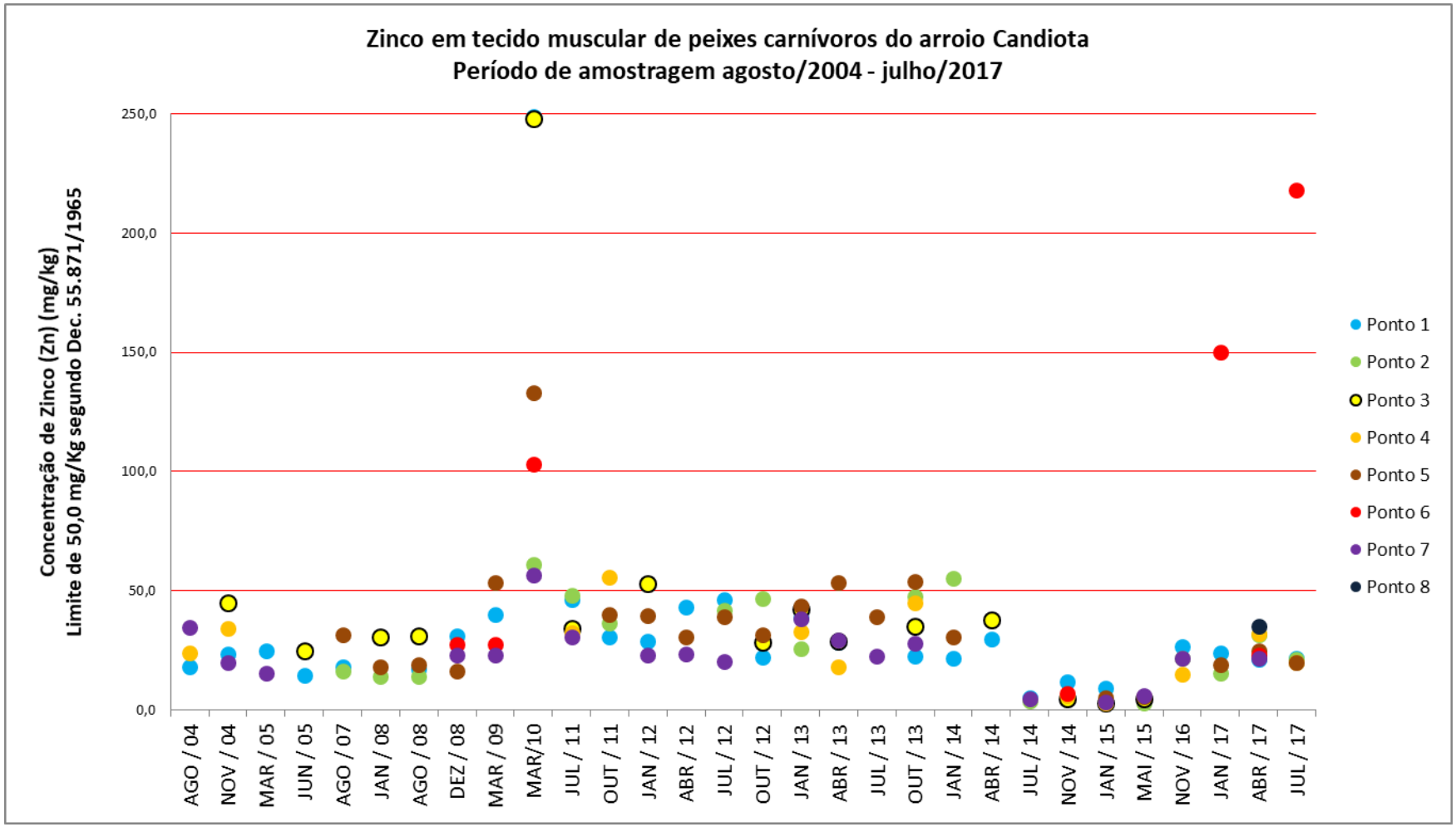


Figura 5.3.5.42 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

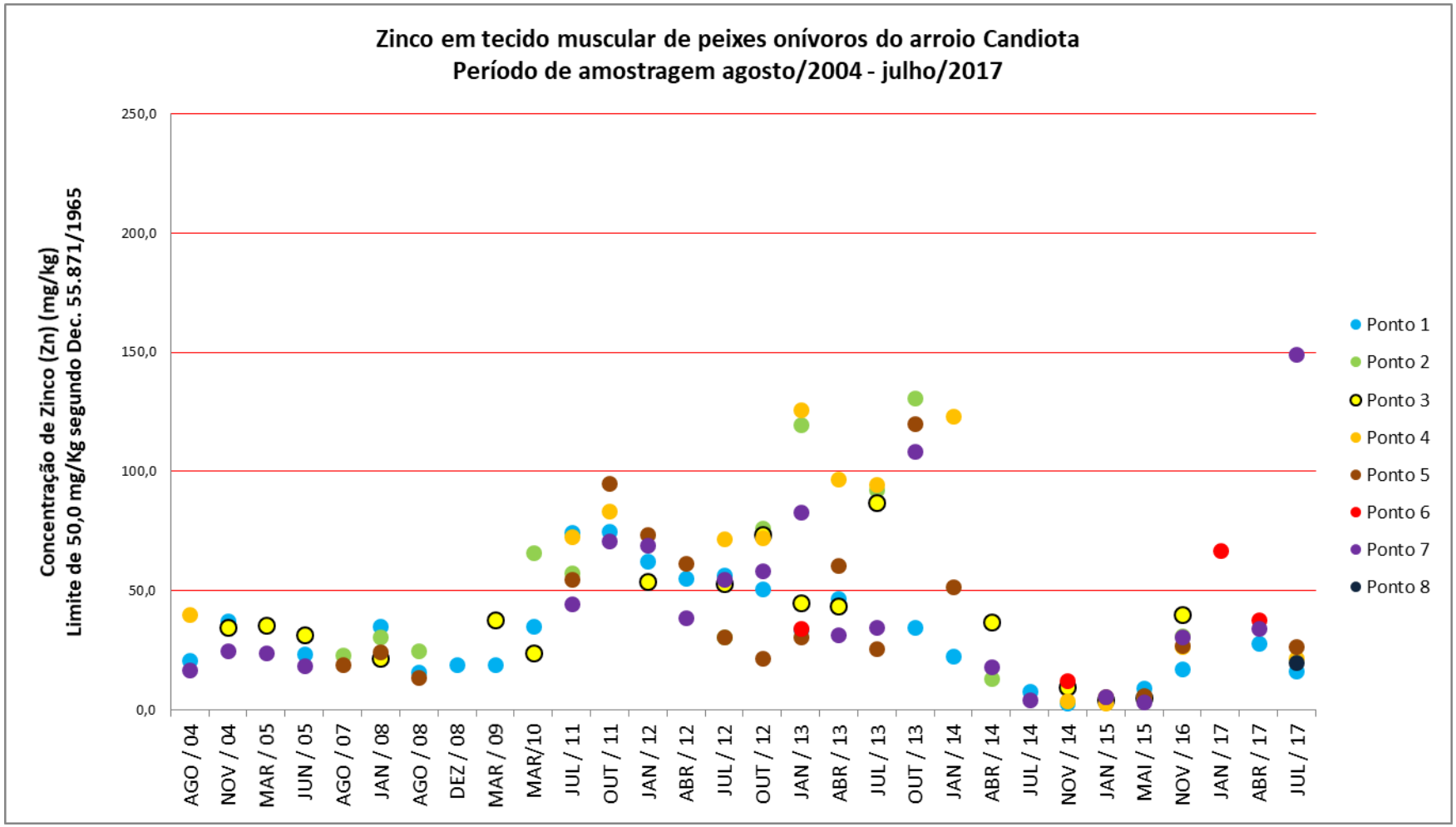


Figura 5.3.5.43 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

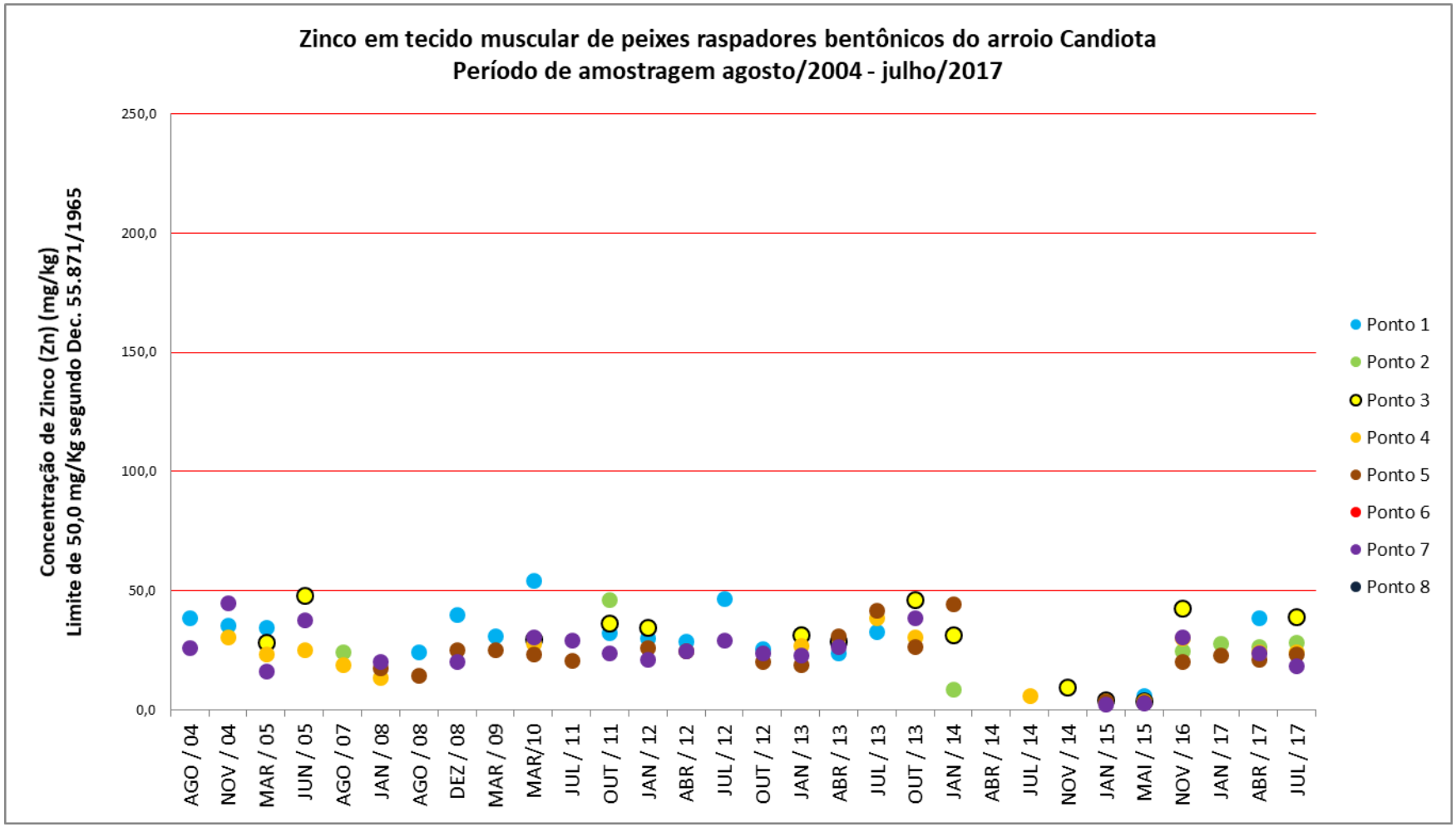


Figura 5.3.5.44 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Todos os elementos analisados foram registrados em níveis detectáveis nos três grupos tróficos estudados (Tabela 5.3.5.17).

Os elementos mais frequentemente encontrados nas amostras analisadas foram o Zinco (91,18%), o Mercúrio (79,44%), o Manganês (75,23%) e o Cobre (50,00%) (Tabela 5.3.5.9).

O registro seguem sendo feitos regularmente desde o início do monitoramento (Figuras Zn 5.3.5.42 – 5.3.5.44; Hg 5.3.5.36 – 5.3.5.38; Mn 5.3.5.33 – 5.3.5.35; Cu 5.3.5.27 – 5.3.5.29).

Com relação ao mercúrio (Hg) há uma estruturação de contaminação linear de biomagnificação na cadeia trófica sendo menor nos peixes raspadores bentônicos, intermediária nos onívoro e maior nos peixes carnívoros (Tabela 5.3.5.17).

Com relação ao Zinco, Manganês e Cobre as análises apontam níveis mais críticos de contaminação entre os onívoros (lambaris).

Os resultados obtidos no período 2016/2017 mostram um cenário distinto em relação ao Cobre (Cu) em todos os níveis tróficos. A despeito de não apresentar concentrações acima do limite de segurança estabelecido pelo Dec. 55.871/1965, nos três níveis tróficos e em todos os locais adotados no monitoramento a presença de cobre no músculo dos peixes apresentou-se em níveis mais elevados que aqueles observados na série histórica de monitoramento.

Tabela 5.3.5.17 - Frequência de amostras com concentrações detectáveis e contaminadas acima do nível de segurança dos elementos analisados nos níveis tróficos empregados no monitoramento do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Elementos	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos
	detectável			contaminado		
Arsênio (Ar)	13,56%	9,57%	25,53%	1,69%	0,00%	18,09%
Cádmio (Ca)	3,10%	3,13%	5,61%	0,78%	1,56%	0,00%
Chumbo (Pb)	9,30%	10,16%	12,15%	0,78%	3,13%	0,93%
Cobre (Cu)	51,94%	46,09%	52,34%	0,00%	0,78%	0,00%
Cromo (Cr)	16,28%	16,41%	18,69%	10,08%	9,38%	10,28%
Manganês (Mn)	67,80%	86,96%	70,21%	16,10%	38,26%	32,98%
Mercúrio (Hg)	74,53%	70,30%	58,02%	49,06%	20,79%	8,64%
Níquel (Ni)	5,43%	7,81%	7,48%	0,00%	0,00%	0,00%
Zinco (Zn)	93,02%	91,34%	88,79%	10,85%	30,71%	0,93%

A pesca na região de monitoramento do arroio Candiota é essencialmente recreacional não sendo de nosso conhecimento a exploração de subsistência desse recurso. No entanto, devido ao conjunto de registros de concentrações detectáveis de elementos-traço e metais pesados e, especialmente ***as elevadas concentrações registradas para mercúrio na carne de peixes com traíras, brancas lambaris e cascudos alerta-se para a necessidade de uma ação no sentido de informar a população para o risco à saúde representado pelo consumo dessa carne, mesmo que de maneira esporádica, na medida em que os metais encontrados são cumulativos no organismo***.

Outra questão que deve ser melhor analisada pelo órgão ambiental é que a região de estudo é a porção superior da bacia hidrográfica do rio Jaguarão e o arroio Candiota é um importante afluente formador desse rio que escoa suas águas, na foz, junto a Lagoa Mirim. De acordo com Pieve e colaboradores (2009) em Jaguarão, existem duas organizações de pescadores, a Colônia de Pescadores Z-25 (66,7%) e o Sindicato dos Pescadores (26,6%) e 6,7% dos pescadores declararam não fazer parte de nenhuma dessas organizações. Em Jaguarão 79,7% dos entrevistados vivem exclusivamente da pesca enquanto os outros aproximadamente 20% dividem suas fontes de renda entre atividades formal e informalmente

realizadas como funcionalismo público, carpintaria, pintura e limpeza de casas ou aposentadoria (Pieve *et al.,* 2009). ***Os dados encontrados no monitoramento abrem questionamento para a possibilidade de propagação da contaminação encontrada no arroio Candiota para as porções de jusante, no rio Jaguarão onde existe a atividade de pesca comercial e de subsistência.***

As tabelas 5.3.5.18 a 5.3.5.41 apresentam os valores das concentrações de elementos-traço registrados nas amostragens realizadas desde 2004, nos tecidos muscular e hepático de peixes, na Bacia Hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS. Observa-se que os registros em tecidos hepáticos apontam maior sensibilidade desse tecido a presença de elementos e metais no ambiente. O fígado é o órgão responsável por metabolizar ou alocar esses elementos no organismo e por isso concentra maiores concentrações dos mesmos. No entanto a presença de elevadas concentrações de elementos químicos e metais não se transferem diretamente para os tecidos musculares podendo ser alocados em outros tecidos, incluindo os tecidos reprodutivos, especialmente ovócitos, ricos em gordura, como forma de os organismos expelirem esses metais.

O compartimento Ictiofauna é de responsabilidade técnica do Biólogo Fabio Vilella.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.18 **-** Valores das concentrações de elementos-traço registrados nas amostragens de 2004-2005 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Mês	Ponto	Espécie	Papel trófico	Elementos traço analisados					
					Cadmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Níquel (Ni)	Zinco (Zn)
Tecido Muscular	Ago 2004	1	*Hypostomus* commersoni	raspador bentônico	0,01	0,217	2,17	0,354	0,262	38,7
		1	*Astyanax* spC	onívoro	ND	ND	1,5	0,09	0,269	20,6
		1	*Oligosarcus robustus*	carnívoro	ND	ND	1,2	0,06	ND	17,9
		4	*Oligosarcus robustus*	carnívoro	ND	0,28	2,1	0,08	ND	23,9
		4	*Astyanax* cf *eigenmanniorum*	onívoro	ND	ND	1,2	0,13	ND	39,9
		5	*Oligosarcus* sp	carnívoro	ND	0,11	1,5	0,16	0,23	34,4
		5	*Astyanax* spB	onívoro	ND	0,216	1,44	0,123	ND	16,5
		5	*Loricariichthys anus*	raspador bentônico	ND	0,279	1,59	0,08	0,119	26,2
	Nov 2004	1	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	ND	ND	1,03	0,219	ND	35,3
		1	*Astyanax* spB	onívoro	ND	ND	0,489	0,179	ND	37,2
		1	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	ND	ND	0,307	0,247	ND	23,3
		3	*Astyanax* spA	onívoro	ND	ND	0,719	0,239	ND	34,6
		3	*Oligosarcus jenynsii*	carnívoro	ND	ND	0,428	0,478	0,149	45
		4	*Hemiancistrus punctulatus*	raspador bentônico	ND	ND	1,23	0,22	ND	30,5
		4	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	ND	ND	0,916	0,259	0,318	34,1
		5	*Hypostomus commersonni*	raspador bentônico	0,01	ND	0,727	0,538	0,438	44,9
		5	*Astyanax* spB	onívoro	ND	ND	0,269	0,209	ND	24,6
		5	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	ND	ND	0,439	0,169	ND	19,9
	Mar 2005	1	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	ND	ND	0,790	0,052	ND	34,6
		1	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	ND	ND	ND	0,035	ND	24,8
		1	*Bryconamericus cf ecai*	onívoro	*	*	*	*	*	*
		3	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	ND	ND	ND	0,096	ND	28,5
		3	*Astyanax*	onívoro	ND	ND	ND	0,068	ND	35,3
		4	*Hemiancistrus punctulatus*	raspador bentônico	ND	ND	ND	0,095	ND	23,3
		4	*Astyanax*	onívoro	*	*	*	*	*	*
		5	*Hemiancistrus punctulatus*	raspador bentônico	ND	ND	ND	0,035	0,159	16,0

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

		5	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	ND	ND	ND	0,048	ND	15,4
		5	*Astyanax*	onívoro	ND	ND	ND	0,025	ND	23,6
	Jun 2005	1	*Oligosarcus robustus*	carnívoro	ND	ND	0,694	ND	ND	14,5
		1	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		1	*Astyanax* sp	onívoro	0,034	ND	0,777	ND	ND	23,4
		3	*Oligosarcus jenynsii*	carnívoro	ND	ND	1,14	0,022	ND	24,8
		3	*Astyanax* sp	onívoro	ND	ND	1,37	0,011	ND	31,2
		3	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	0,025	ND	2,31	0,017	ND	48
		4	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	ND	ND	1,43	ND	ND	25
		5	*Loricariichthys anus*	raspador bentônico	ND	ND	1,15	ND	ND	37,6
		5	*Astyanax* sp	onívoro	ND	ND	0,699	0,015	ND	18,4
Tecido Hepático	**Mês**	**Ponto**	**Espécie**	**Papel trófico**	**Elementos traço analisados**					
					Cadmio (Cd)	**Chumbo (Pb)**	**Cobre (Cu)**	**Cromo (Cr)**	**Níquel (Ni)**	**Zinco (Zn)**
	Ago 2004	**1**	*Hypostomus* commersoni	raspador bentônico	0,166	1,78	56,3	0,207	0,497	170
		1	*Astyanax* spC	onívoro	*	*	*	*	*	*
		1	*Oligosarcus robustus*	carnívoro	0,14	0,389	6,28	0,09	ND	85,6
		4	*Oligosarcus robustus*	carnívoro	0,123	0,291	7,39	0,112	0,268	102
		4	*Astyanax* cf *eigenmanniorum*	onívoro	0,188	0,418	5,64	0,271	0,647	108
		5	*Oligosarcus* sp	carnívoro	*	*	*	*	*	*
		5	*Astyanax* spB	onívoro	*	*	*	*	*	*
		5	*Loricariichthys anus*	raspador bentônico	0,479	0,279	572	0,07	0,199	82,1
	Nov 2004	**1**	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		1	*Astyanax* spB	onívoro	*	*	*	*	*	*
		1	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	0,04	ND	8,43	0,131	ND	736
		3	*Astyanax* spA	onívoro	0,067	ND	4	0,414	ND	75,4
		3	*Oligosarcus jenynsii*	carnívoro	0,299	ND	8,21	0,196	1,01	95
		4	*Hemiancistrus punctulatus*	raspador bentônico	0,262	ND	19	0,393	ND	101
		4	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	0,289	ND	11,6	0,199	ND	288
		5	*Hypostomus commersonni*	raspador bentônico	0,536	ND	1,25	0,236	1,71	108
		5	*Astyanax* spB	onívoro	*	*	*	*	*	*

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

		5	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	0,437	ND	11	0,149	ND	322
	Mar 2005	1	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		1	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	0,011	ND	14,4	0,122	ND	427
		1	*Bryconamericus cf ecai*	onívoro	*	*	*	*	*	*
		3	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		3	*Astyanax*	onívoro	*	*	*	*	*	*
		4	*Hemiancistrus punctulatus*	raspador bentônico	1,38	ND	80,3	0,080	0,424	120
		4	*Astyanax*	onívoro	*	*	*	*	*	*
		5	*Hemiancistrus punctulatus*	raspador bentônico	1,58	ND	9,01	3,20	1,92	122
		5	*Hoplias malabaricus*	carnívoro	0,688	ND	9,56	0,027	ND	399
		5	*Astyanax*	onívoro						
	Jun 2005	1	*Oligosarcus robustus*	carnívoro	0,267	ND	8,69	0,02	ND	84
		1	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		1	*Astyanax* sp	onívoro	*	*	*	*	*	*
		3	*Oligosarcus jenynsii*	carnívoro	1,44	ND	14,1	0,016	0,224	97
		3	*Astyanax* sp	onívoro	*	*	*	*	*	*
		3	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		4	*Rineloricaria strigilata*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		5	*Loricariichthys anus*	raspador bentônico	*	*	*	*	*	*
		5	*Astyanax* sp	onívoro	*	*	*	*	*	*
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.19 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de agosto de 2007 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Pto	Espécie	Nome Comum	Papel Trófico	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo Total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Tecido Muscular	1	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	ND	ND	0,22	0,32	1,25	3,52	0,363	0,328	18,2
	2	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,02	0,18	0,2	0,06	2,47	0,909	ND	16
	2	*Astyanax SPA*	lambari	onívoro	ND	0,06	0,25	0,55	0,01	4,21	0,147	0,07	22,8
	2	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	ND	ND	0,19	0,83	0,36	1,61	0,082	0,593	24,3
	4	*Rineloricaria microlepidogaster*	cascudinho viola	raspador bentônico	ND	ND	0,23	0,17	0,47	2,08	1,28	ND	19,1
	5	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,01	0,21	0,65	0,44	5,21	0,085	0,117	31,2
	5	*Astyanax SPA*	lambari	onívoro	ND	0,01	ND	0,26	1,08	3,37	0,133	0,269	19
	Pto	**Espécie**	**Nome Comum**	**Papel Trófico**	**Arsênio**	**Cádmio**	**Chumbo**	**Cobre**	**Cromo Total**	**Manganês**	**Mercúrio**	**Níquel**	**Zinco**
Tecido Hepático	1	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	ND	0,13	0,48	6,11	ND	3,29	0,066	ND	80,2
	2	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,3	0,07	3,69	ND	2,38	0,254	ND	80,9
	2	*Astyanax SPA*	lambari	onívoro	ND	0,27	0,06	4,6	ND	18,4	ND	0,059	89,1
	2	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	2,08	0,78	ND	16,1	ND	10,4	ND	0,584	107
	4	*Rineloricaria microlepidogaster*	cascudinho viola	raspador bentônico	0,26	0,46	0,15	24,5	0,03	19,5	ND	0,685	77,9
	5	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,16	0,08	2,15	ND	2,02	0,186	ND	50,1
	5	*Astyanax SPA*	lambari	onívoro	ND	0,15	ND	7,49	ND	4,7	ND	0,083	92,4
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.20 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de janeiro de 2008 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Pto	Espécie	nome comum	papel trófico	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo Total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Tecido Muscular	1	*Bryconamericus iheringii*	lambari	onívoro	ND	ND	0,24	0,33	0,18	19,6	0,434	0,145	34,8
	2	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	0,44	ND	2,89	0,321	1,21	14
	2	*Astyanay sp*	lambari	onívoro	ND	ND	0,13	0,27	ND	10,9	0,347	0,136	30,5
	3	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	ND	ND	0,25	0,32	0,27	7,64	0,255	ND	30,5
	3	*Astyanax sp*	lambari	onívoro	ND	ND	0,19	0,12	ND	ND	0,236	0,107	21,7
	4	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	1,32	ND	0,12	0,61	0,12	ND	0,08	ND	13,1
	5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	0,09	0,28	ND	2,51	0,375	ND	17,9
	5	*Astyanay sp*	lambari	onívoro	ND	ND	0,16	0,19	0,1	13,3	O,115	ND	24,1
	5	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspador bentônico	ND	ND	0,14	0,33	0,08	8,02	0,067	0,123	17,4
	7	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	2,96	ND	0,1	0,55	0,09	5,16	0,065	ND	20,2
Tecido Hepático	Pto	Espécie	nome comum	papel trófico	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo Total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
	2	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,17	0,12	10	0,02	5,53	0,131	0,588	141
	2	*Astyanay sp*	lambari	onívoro	ND	0,06	ND	42,5	ND	29,9	0,331	ND	119
	3	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	ND	0,03	0,48	6,09	0,35	11,2	0,468	ND	100
	3	*Astyanax sp*	lambari	onívoro	ND	0,02	ND	5,64	0,15	11,2	ND	ND	68,1
	4	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	16,3	0,44	ND	24,1	0,13	72,4	ND	3,56	71,8
	5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,33	0,11	21,1	ND	10	0,147	0,553	422
	5	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspador bentônico	0,7	0,38	0,36	131	0,4	474	0,066	3,44	90,3
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.21 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de agosto de 2008 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Ponto	Espécie	Nome comum	Papel trófico	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo Total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Tecido Muscular	1	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	ND	0,11	0,53	0,09	2,39	1,35	0,102	17,3
		Astynax sp	lambari	onívoro	ND	ND	0,07	0,46	0,09	4,18	0,184	0,058	15,9
		Hemiancistrus sp	cascudo	raspador bentônico	8,22	ND	0,22	1,41	0,21	22,3	ND	0,164	24,2
	2	*Hoplias lacerdae*	traíra	carnívoro	ND	ND	0,06	0,55	0,1	2,27	0,346	ND	13,9
		Astynax sp	lambari	onívoro	ND	ND	0,13	0,46	0,07	4,48	0,16	ND	24,5
	3	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	ND	ND	0,16	0,52	0,22	1,03	0,442	ND	30,8
	5	*Hoplias lacerdae*	traíra	carnívoro	ND	ND	0,08	0,55	0,02	2,44	0,534	ND	18,8
		Astynax sp	lambari	onívoro	ND	ND	0,18	0,39	0,04	2,64	0,167	ND	13,7
		Loricarriichthys anus	cascudinho viola	raspador bentônico	ND	ND	0,12	0,55	0,03	0,59	0,115	ND	14,4
Tecido Hepático	**Ponto**	**Espécie**	**Nome comum**	**Papel trófico**	**Arsênio**	**Cádmio**	**Chumbo**	**Cobre**	**Cromo Total**	**Manganês**	**Mercúrio**	**Níquel**	**Zinco**
	1	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,13	ND	6,47	0,08	7,4	0,605	ND	89,3
		Astynax sp	lambari	onívoro	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		Hemiancistrus sp	cascudo	raspador bentônico	69,4	0,49	0,1	48,9	0,14	192	0,062	0,764	99,4
	2	*Hoplias lacerdae*	traíra	carnívoro	ND	0,07	ND	7,29	0,01	1,99	0,038	ND	65
		Astynax sp	lambari	onívoro	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5	*Hoplias lacerdae*	traíra	carnívoro	ND	0,28	0,05	14,4	0,02	2,05	0,134	ND	70,8
		Astynax sp	lambari	onívoro	ND	0,2	0,08	55,9	0,03	7,15	ND	0,05	99,6
		Loricarriichthys anus	cascudinho viola	raspador bentônico	ND	0,11	0,05	11,6	0,01	8,69	0,055	0,065	51,3
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.22 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de dezembro de 2008 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Ponto	Espécie	Nome comum	Papel trófico	Arsênio	Cadmio	Chumbo	Cobre	Cromo total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Tecido Muscular	1	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	1,06	0,67	27,8	ND	ND	31
		Astyanax sp	lambari	onívoro	ND	ND	ND	ND	ND	2,39	ND	ND	18,8
		Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	ND	ND	ND	0,61	0,26	1,4	ND	ND	40,1
	3	*Astyanax sp*	lambari	onívoro	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	0,35	ND	0,89	ND	ND	16,2
		Loricariichthys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	ND	ND	1,09	ND	1,64	ND	ND	25,3
	6	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	ND	ND	2,28	ND	ND	27,3
	7	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	ND	ND	0,43	ND	0,71	0,656	ND	22,8
		Loricariichthys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	ND	ND	1,1	ND	810	ND	ND	20,1
Tecido Hepático	**Ponto**	**Espécie**	**Nome comum**	**Papel trófico**	**Arsênio**	**Cadmio**	**Chumbo**	**Cobre**	**Cromo total**	**Manganês**	**Mercúrio**	**Níquel**	**Zinco**
	1	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,14	ND	11,7	ND	5,88	ND	ND	150
		Astyanax sp	lambari	onívoro	ND	ND	ND	6,02	ND	9,94	ND	ND	99,6
		Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	ND	0,17	ND	95	0,52	173	ND	ND	127
	3	*Astyanax sp*	lambari	onívoro	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,55	ND	24,9	ND	7,38	ND	ND	423
		Loricariichthys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	0,17	ND	163	ND	32	ND	ND	86,9
	6	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,27	ND	25	ND	6,4	ND	ND	366
	7	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,65	ND	6,09	ND	12,4	ND	ND	93,1
		Loricariichthys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	0,83	ND	486	ND	31,5	ND	ND	75,7
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.23 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de março de 2009 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Ponto	Espécie	Nome Comum	Nível trófico	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo Total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Tecido Muscular	1	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	0,614	0,263	1,4	ND	ND	40,1
		Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	ND	ND	ND	1,06	0,674	27,8	ND	ND	31
		Astyanax sp	lambari	onívoro	ND	ND	ND	ND	ND	2,39	ND	ND	18,8
		Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	ND	ND	ND	ND	ND	2,04	0,28	ND	21,3
	3	*Astyanax sp*	lambari	onívoro	ND	ND	ND	1,85	ND	9,12	ND	ND	37,9
	5	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	ND	ND	2,28	ND	6,88	ND	ND	53,3
		Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	0,349	ND	0,888	ND	ND	16,2
		Loricariichtys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	ND	ND	1,09	ND	1,64	ND	ND	25,3
	6	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	ND	ND	2,28	ND	ND	27,3
	7	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	ND	ND	0,43	ND	0,711	0,656	ND	22,8
		Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	ND	ND	ND	1,1	ND	0,81	ND	ND	20,1
	Ponto	**Espécie**	**Nome Comum**	**Nível trófico**	**Arsênio**	**Cádmio**	**Chumbo**	**Cobre**	**Cromo Total**	**Manganês**	**Mercúrio**	**Níquel**	**Zinco**
Tecido hepático	1	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,144	ND	11,7	ND	5,88	ND	ND	150
		Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	ND	0,168	ND	95	0,522	173	ND	ND	127
		Astyanax sp	lambari	onívoro	ND	ND	ND	6,02	ND	9,94	ND	ND	99,6
		Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	ND	0,249	ND	5,44	ND	4,58	ND	ND	101
	3	*Astyanax sp*	lambari	onívoro	ND	ND	ND	1,85	ND	9,12	ND	ND	37,9
	5	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	ND	ND	2,28	ND	6,88	ND	ND	53,3
		Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	ND	0,549	ND	24,9	ND	7,38	ND	ND	423
		Loricariichtys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	0,17	ND	163	ND	32	ND	ND	86,9
	6	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	ND	0,267	ND	25	ND	6,4	ND	ND	366
	7	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	ND	0,645	ND	6,09	ND	12,4	ND	ND	93,1
		Loricariichtys anus	cascudo viola	raspador bentônico	ND	0,829	ND	486	ND	31,5	ND	ND	75,7
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.24 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de março de 2010 no tecido muscular e hepático de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	N	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo Total	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Tecido muscular	1	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,329	ND	ND	1,27	ND	9,63	0,414	ND	249
		Astyanax jacuhiensis	lambari	onívoro	1	ND	ND	ND	ND	ND	3,6	ND	ND	35,2
		Hypostomus commersonii	cascudo	raspador bentônico	3	0,908	0,02	ND	0,589	ND	12,9	ND	ND	54,3
	2	*Oligosarcus brevioris*	branca	carnívoro	1	0,485	ND	ND	0,172	ND	0,72	1,04	ND	60,9
		Astyanax jacuhiensis	lambari	onívoro	2	ND	ND	ND	0,286	ND	8,54	ND	ND	65,9
	3	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,387	ND	ND	0,734	ND	4,59	0,405	ND	248
		Astyanax jacuhiensis	lambari	onívoro	3	0,893	ND	ND	0,613	ND	9,72	ND	ND	23,6
		Hemiancistrus fuliginosus	cascudo	raspador bentônico	2	3,67	0,024	ND	1,55	ND	20,7	ND	ND	29,5
	4	*Hemiancistrus fuliginosus*	cascudo	raspador bentônico	3	6,25	ND	0,109	1,87	ND	12,6	ND	ND	27,7
	5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,615	0,04	0,159	1,49	ND	5,27	ND	ND	133
		Loricariichthys anus	viola	raspador bentônico	3	0,749	0,029	0,253	1,46	ND	9,96	ND	ND	23,3
	6	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,631	ND	ND	1,37	ND	7,84	ND	ND	103
	7	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	1	0,494	0,066	ND	0,867	ND	3,04	ND	ND	56,4
		Hemiancistrus fuliginosus	cascudo	raspador bentônico	3	6,78	ND	0,157	1,6	ND	5,63	ND	ND	30,5
	Ponto	**Espécie**		**Papel trófico**	**N**	**Arsênio**	**Cádmio**	**Chumbo**	**Cobre**	**Cromo Total**	**Manganês**	**Mercúrio**	**Níquel**	**Zinco**
Tecido hepático	1	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,409	0,319	ND	9,94	ND	8,95	ND	ND	617
	3	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,435	0,435	ND	8,27	ND	11,4	ND	ND	4,79
		Astyanax jacuhiensis	lambari	onívoro	3	0,785	0,214	ND	2,78	ND	10,6	ND	ND	109
	4	*Hemiancistrus fuliginosus*	cascudo	raspador bentônico	3	47,8	1,76	ND	38,8	ND	671	ND	2,84	238
	5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,68	0,723	ND	1,18	0,568	9,57	0,087	ND	845
		Loricariichthys anus	viola	raspador bentônico	3	1,99	1,01	ND	293	ND	53,4	ND	ND	126
	6	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	2	0,587	0,568	0,125	20	ND	11,4	0,349	ND	685
	7	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	1	0,625	1,35	ND	6,47	ND	9,14	ND	ND	415
	Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.25 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de julho 2011 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,5	10
P1	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	BQ-55022-0	ND	<0,5	ND	2	<0,5	4,5	0,22	<0,5	74,2
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-55024-0	ND	<0,5	ND	1	<0,5	3,8	1,59	<0,5	46,3
P2	*Astyanax aff. fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-55025-0	ND	<0,5	ND	0,7	<0,5	2,6	0,61	<0,5	57,5
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-55026-0	ND	<0,5	ND	0,8	ND	0,8	1,45	<0,5	47,9
P3	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	BQ-55028-0	ND	<0,5	ND	1,1	<0,5	1,7	3,22	<0,5	34,1
P4	*Astyanax aff. fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-55029-0	ND	<0,5	ND	0,9	ND	3,4	0,07	<0,5	72,5
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-55030-0	ND	<0,5	ND	1	ND	<0,5	0,81	<0,5	32,4
P5	*Astyanax aff. fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-55031-0	ND	<0,5	ND	1	ND	2,5	0,44	<0,5	54,7
	Loricriichthys anus	viola	raspador bentônico	BQ-55033-0	ND	<0,5	ND	0,5	ND	3,3	0,28	<0,5	20,7
P7	*Astyanax aff. fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-55034-0	ND	<0,5	ND	0,6	ND	1,7	0,37	<0,5	44,3
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-55036-0	ND	<0,5	ND	0,7	ND	8,6	0,27	<0,5	29,1
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-55038-0	ND	<0,5	ND	0,7	<0,5	0,5	5,53	<0,5	30,4
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.26 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de outubro de 2011 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,05**	**0,5**	**10**
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-61219-11	0,8	ND	<0,5	0,9	ND	31,5	0,23	<0,5	74,9
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-61221-11	0,7	ND	ND	0,5	ND	7,2	0,92	ND	30,7
	Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	BQ-61220-11	<0,5	ND	ND	0,7	ND	1,9	0,1	ND	32,3
P2	*Loricriichthys anus*	viola	raspador bentônico	BQ-61222-11	<1,0	ND	ND	1,4	ND	2	0,75	ND	46,3
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-61223-11	0,7	ND	ND	0,6	ND	1,4	4,46	<0,5	36,2
P3	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	BQ-61224-11	3,9	ND	ND	1,5	ND	1,9	0,22	ND	36,4
P4	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-61225-11	0,7	ND	ND	1,6	ND	5,2	0,14	<0,5	83,4
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-61226-11	0,6	ND	ND	1,4	ND	1,3	4,38	ND	55,6
P5	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-61227-11	0,7	ND	ND	1,4	ND	25,9	0,51	<0,5	95,2
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-61228-11	0,8	ND	ND	0,7	ND	4,3	1,4	<0,5	39,9
P7	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-61229-11	0,6	ND	ND	0,9	ND	6	0,69	<0,5	70,8
	Loricriichthys anus	viola	raspador bentônico	BQ-61230-11	0,7	ND	ND	0,5	ND	3,1	0,39	ND	23,7
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.27 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de janeiro de 2012 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,5	10
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-63167-12	ND	ND	ND	1	ND	11	0,28	1,4	62,2
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-63169-12	ND	ND	ND	<0,5	ND	2,1	1,42	ND	28,8
	Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	BQ-63168-12	ND	ND	ND	0,5	<0,5	7,2	0,19	ND	29,9
P3	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-63164-12	ND	ND	ND	1	ND	5,6	0,22	ND	53,7
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-63166-12	1	<0,5	ND	1,5	ND	10,5	0,18	ND	34,4
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-63165-12	ND	ND	ND	0,8	ND	3	1,42	ND	52,8
P5	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-63172-12	ND	ND	ND	0,7	<0,5	11,1	0,73	<0,5	73,6
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-63170-12	ND	ND	ND	<0,5	ND	3	0,99	ND	39,6
	Loricriichthys anus	viola	raspador bentônico	BQ-63171-12	ND	ND	ND	<0,5	ND	2,9	0,27	<0,5	26,2
P7	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-63174-12	ND	ND	ND	0,8	ND	7,1	0,3	ND	68,9
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-63173-12	ND	ND	ND	<0,5	ND	2,5	1,38	ND	22,7
	Loricriichthys anus	viola	raspador bentônico	BQ-63175-12	ND	ND	ND	0,5	ND	0,7	0,4	ND	21,1
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.28 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de abril de 2012 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,05**	**0,5**	**10**
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-68352/12	ND	ND	ND	1,4	<0,5	2,5	0,66	ND	55,3
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-68353/12	0,8	ND	ND	1,1	ND	2,4	0,14	ND	28,7
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-68354/12	ND	ND	ND	1	ND	8,8	3,09	ND	43,1
P5	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-68355/12	ND	ND	ND	0,8	ND	7,1	0,7	<0,5	61,5
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-68356/12	ND	ND	ND	<0,5	ND	3,4	1,29	ND	30,7
	Loricariichthys anus	viola	raspador bentônico	BQ-68357/12	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,5	0,35	ND	24,8
P7	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-68358/12	ND	ND	ND	0,9	ND	3	0,32	<0,5	38,7
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-68359/12	4,4	ND	ND	0,8	ND	2,9	0,33	ND	24,5
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-68360/12	ND	ND	ND	0,6	ND	2,3	0,95	ND	23,4
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.29 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de julho de 2012 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,05**	**0,5**	**10**
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-71607-12	0,8	<0,5	<0,5	1,5	ND	4,5	0,65	<0,5	56,5
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-71608-12	0,8	<0,5	<0,5	1,6	ND	3,7	2,24	<0,5	46,3
	Hypostomus commersoni	cascudo	raspador bentônico	BQ-71609-12	0,8	<0,5	<0,5	0,9	<0,5	6,8	0,17	<0,5	46,8
P2	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	*BQ-71611-12*	0,6	<0,5	<0,5	1,6	ND	2,9	0,53	<0,5	30,6
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	*BQ-71610-12*	0,6	<0,5	<0,5	1	ND	1,3	8,24	<0,5	41,9
P3	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	*BQ-71612-12*	0,8	<0,5	<0,5	1,9	<0,5	3,1	0,37	<0,5	53,1
P4	*Steindachnerina biornata*	biru	onívoro	*BQ-71613-12*	0,7	<0,5	<0,5	2,7	ND	5,6	0,59	0,6	71,6
P5	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	*BQ-71615-12*	0,6	<0,5	<0,5	1,5	<0,5	2,3	1,05	<0,5	30,5
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	*BQ-71614-12*	0,8	<0,5	ND	0,8	ND	2,2	4,05	<0,5	39
P7	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	*BQ-71616-12*	0,7	<0,5	<0,5	1,6	<0,5	3,9	0,91	<0,5	54,7
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	*BQ-71617-12*	0,7	<0,5	ND	0,6	ND	1,6	1,49	<0,5	20,2
	Loricriichthys anus	viola	raspador bentônico	*BQ-71618-12*	0,6	<0,5	<0,5	0,7	<0,5	1,1	0,39	<0,5	29
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.30 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de outubro de 2012 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-76516/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	6,6	0,92	ND	50,5
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-76517/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	2,7	0,79	ND	22,1
	Rineloricaria sp.	viola	raspador bentônico	BQ-76518/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,62	ND	25,8
P2	*Astyanax fasciatus*	biru	onívoro	BQ-76520/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	2,6	2,16	ND	76,1
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-76519/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	1,47	ND	46,5
P3	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-76522/12	<2,5	<0,5	ND	2,5	0,6	14,2	2,31	<0,5	73,3
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-76521/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	2,5	0,89	ND	28,5
	Rineloricaria sp.	viola	raspador bentônico	BQ-76523/12	Prejud.	Prejud.	Prejud.	Prejud.	Prejud.	Prejud.	Prejud.	Prejud.	Prejud.
P4	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-76524/12	<2,5	<0,5	ND	2,5	<0,5	2,9	0,40	ND	72,3
P5	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	BQ-76527/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,42	ND	21,5
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-76526/12	5,4	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,17	ND	20,3
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-76525/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	2,7	0,74	ND	31,2
P7	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-76529/12	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	6,2	0,35	ND	58,1
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-76528/12	5,2	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,20	ND	23,7
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.31 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de janeiro de 2013 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Astyanax sp.1*	lambari	onívoro	BQ-84335/13	<2,5	<0,5	<2,5	<2,5	<0,5	10,9	0,53	<0,5	28,6
	Astyanax sp.2	lambari											
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-84334/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	3,7	3,08	<0,5	38,4
	Oligosarcus robustus	branca											
	Cyphocharax voga	biru	onívoro	BQ-84333/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	10,2	0,25	<0,5	33,6
P2	*Hemiancistrus punctulatus*	cascudo	raspador bentônico	BQ-84336/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	ND	11,1	0,14	<0,5	31,8
	Gymnogeophagus labiatus	cará	onívoro	BQ-84338/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	54,1	0,36	<0,5	119,5
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-84337/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	3,1	1,30	<0,5	25,5
P3	*Astyanax sp.2*	lambari	onívoro	BQ-84331/13	ND	<0,5	ND	<2,5	22,9	2,9	0,37	<0,5	44,8
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-84329/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	2,7	2,40	<0,5	42,3
	Rineloricaria microlepidogaster	viola	raspador bentônico	BQ-84330/13	ND	<0,5	<2,5	<2,5	<0,5	<2,5	0,53	<0,5	31,6
P4	*Crenicichla lepidota*	joana	carnívoro	BQ-84349/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,20	<0,5	32,7
	Crenicichla punctata	joana											
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	raspador bentônico	BQ-84347/13	4	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,25	<0,5	26,9
	Rineloricaria microlepidogaster	viola											
	Astyanax jacuhiensis	lambari	onívoro	BQ-84348/13	ND	<0,5	<2,5	<2,5	<0,5	9,5	0,31	<0,5	125,7
	Astyanax sp.1	lambari											
P5	*Hypostomus comersonii*	cascudo	raspador bentônico	BQ-84339/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	<0,05	<0,5	18,7
	Rineloricaria microlepidogaster	viola											
	Astyanax sp.2	lambari	onívoro	BQ-84340/13	ND	<0,5	<2,5	<2,5	<0,5	8,0	0,22	<0,5	30,7
	Gymnogeophagus gymnogenys	cará											
	Crenicichla lepidota	joana	carnívoro	BQ-84341/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	ND	7,0	0,75	<0,5	43,4

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
	Crenicichla punctata	joana											
	Cyphocharax voga	biru	onívoro	BQ-84342/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	4,6	0,21	<0,5	20,9
P6	*Callichthys callichthys*	tamboatá	onívoro	BQ-84332/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	22,3	0,63	<0,5	34,2
P7	*Astyanax sp.2*	lambari	onívoro	BQ-84346/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	11,0	0,64	<0,5	82,7
	Steindachnerina biornata	biru	onívoro	BQ-84345/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	7,9	0,24	<0,5	35,7
	Loricariichthys anus	cascudo	raspador bentônico	BQ-84344/13	ND	<0,5	ND	<2,5	ND	<2,5	0,15	<0,5	22,7
	Crenicichla lepidota	joana	carnívoro	BQ-84343/13	ND	<0,5	ND	<2,5	ND	<2,5	1,19	<0,5	38,3
	Oligosarcus jenynsii	branca											
	Oligosarcus robustus	branca											
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.32 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de abril de 2013 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspador bentônico	BQ-88212/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	<2,5	0,06	<0,5	23,9
	Astyanax sp.	lambari	onívoro	BQ-88080/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	3,9	0,11	<0,5	46,5
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-88213/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	5,4	1,03	<0,5	28,5
P3	*Rineloricaria* sp.	viola	raspador bentônico	BQ-88081/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	8,0	0,57	<0,5	28,7
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-88219/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	6,1	1,11	<0,5	28,7
	Astyanax sp.	lambari	onívoro	BQ-88218/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	6,8	0,17	<0,5	43,7
P4	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	BQ-88083/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	3,3	0,92	<0,5	17,9
	Astyanax jacuhiensis	lambari	onívoro	BQ-88220/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	14,5	0,51	<0,5	96,6
P5	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspador bentônico	BQ-88079/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	11,5	0,06	<0,5	30,9
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-88214/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	6,0	1,28	<0,5	53,4
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-88215/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	11,1	0,21	<0,5	60,3
P7	*Loricariichthys anus*	viola	raspador bentônico	BQ-88217/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	2,6	0,64	<0,5	26,4
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-88082/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	<2,5	3,16	<0,5	29,4
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-88216/13	ND	ND	ND	<2,5	ND	2,5	0,87	<0,5	31,2
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.33 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de julho de 2013 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Rineloricaria microlepidogaster*	viola	herbívoro	BQ-92577/13	ND	ND	ND	<2,6	<0,5	24,3	0,44	ND	32,6
P2	*Astyanax eigenmanniorum*	lambari	onívoro	BQ-92578/13	ND	<0,4	ND	ND	ND	33,2	0,34	ND	92,2
P3	*Astyanax eigenmanniorum*	lambari	onívoro	BQ-92579/13	ND	ND	<2,4	<2,4	ND	25,5	0,37	ND	87,1
P4	*Astyanax eigenmanniorum*	lambari	onívoro	BQ-92581/13	ND	<0,5	8,1	<2,3	<0,5	14,8	0,44	ND	94,4
	Rineloricaria microlepidogaster	viola	herbívoro	BQ-92580/13	ND	ND	3,2	<2,5	<0,5	4,5	0,34	<0,5	38,8
P5	*Astyanax eigenmanniorum*	lambari	onívoro	BQ-92582/13	ND	ND	ND	ND	ND	<2,7	0,45	ND	25,5
	Hypostomus commersoni	cascudo	herbívoro	BQ-92584/13	ND	<0,5	ND	<2,4	<0,5	4,5	0,40	<0,5	41,5
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-92583/13	ND	<0,5	ND	<2,7	<0,5	4,2	5,14	ND	39,1
P7	*Astyanax eigenmanniorum*	lambari	onívoro	BQ-92585/13	ND	ND	ND	<2,8	<0,6	4,0	0,58	ND	34,4
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-92586/13	ND	ND	ND	<2,6	ND	<2,6	4,28	ND	22,4
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.34 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de outubro de 2013 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Astyanax* sp.	lambari	onívoro	BQ-97734/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	5,0	0,38	ND	34,6
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-97735/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,45	ND	22,5
P2	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-97736/13	<2,5	<0,5	<2,5	<2,5	<0,5	31,4	0,22	0,8	130,7
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-97737/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,45	ND	47,7
P3	*Hypostomus commersoni*	cascudo	herbívoro	BQ-97738/13	ND	ND	ND	<2,5	<0,5	4,5	0,10	ND	46,3
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-97739/13	3,2	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,07	ND	34,8
P4	*Hemiancistrus fuliginosus*	cascudo	herbívoro	BQ-97740/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	3,1	1,20	ND	30,7
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-97741/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	1,91	ND	44,8
P5	*Loricariichthys anus*	viola	herbívoro	BQ-97744/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	0,08	ND	26,3
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-97742/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	23,2	0,65	ND	120,2
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-97743/13	<2,5	<0,5	ND	<2,5	<0,5	3,0	0,34	ND	53,7
P7	*Hemiancistrus fuliginosus*	cascudo	herbívoro	BQ-97746/13	4,9	<0,5	ND	<2,5	<0,5	25,3	0,23	<0,5	38,5
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-97745/13	ND	<0,5	5,4	<2,5	<0,5	39,9	0,09	<0,5	108,5
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-97747/13	ND	<0,5	ND	<2,5	<0,5	<2,5	3,00	ND	27,7
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.35 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de janeiro de 2014 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-106128/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	4,2	0,26	<0,5	22,5
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-106129/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	4,5	1,28	<0,5	21,5
P2	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	BQ-106130/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	5,5	1,65	<0,5	55,0
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	herbívoro	BQ-106131/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	4,8	0,12	<0,5	8,6
P3	*Rineloricaria* sp.	cascudo	herbívoro	BQ-106134/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	8,0	0,49	<0,5	31,4
P4	*Astyanax* sp.	lambari	onívoro	BQ-106135/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	22,3	0,22	<0,5	123,3
P5	*Astyanax* sp.	lambari	onívoro	BQ-106137/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	25,7	0,29	<0,5	51,5
	Loricariichthys anus	viola	herbívoro	BQ-106136/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	22,5	0,28	<0,5	44,6
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-106138/14	<2,5	<0,5	<2,5	ND	<0,5	5,3	0,47	<0,5	30,6
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.36 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de abril de 2014 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**0,05**	**0,5**	**2,5**
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-111893/14	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-111895/14	<2,5	<0,5	ND	<2,5	ND	7,8	<0,45	<0,5	29,7
	Rineloricaria sp.	viola	herbívoro	BQ-111898/14	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado
P2	*Astyanax dissensus*	lambari	onívoro	BQ-111890/14	<2,5	ND	ND	<2,5	<0,5	<2,5	<0,45	<0,5	13,1
P3	*Astyanax dissensus*	lambari	onívoro	BQ-111891/14	<2,5	ND	ND	<2,5	1,6	3,4	<0,45	<0,5	36,7
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-111896/14	<2,5	ND	ND	<2,5	ND	4,4	<0,45	<0,5	37,8
P4	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-111894/14	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado
	Rineloricaria sp.	viola	herbívoro	BQ-111899/14	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado
P7	*Astyanax dissensus*	lambari	onívoro	BQ-111892/14	<2,5	ND	ND	<2,5	<0,5	<2,5	<0,45	<0,5	17,8
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-111897/14	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado	Prejudicado
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

Tabela 5.3.5.37 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de julho de 2014 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**0,05**	**0,5**	2,5
P1	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-118212/14	<0,5	ND	3,5	<0,5	<0,1	1,0	0,29	<0,1	7,9
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-118213/14	<0,5	ND	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0,34	ND	4,9
P2	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	BQ-118214/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	0,23	ND	3,8
P4	*Rineloricaria* sp.	viola	herbívoro	BQ-118215/14	<0,5	ND	ND	<0,5	<0,1	<0,5	0,08	ND	5,8
P7	*Astyanax jacuhiensis*	lambari	onívoro	BQ-118216/14	<0,5	ND	ND	<0,5	<0,1	<0,5	0,09	ND	4,1
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-118217/14	<0,5	ND	<0,5	<0,5	ND	<0,5	0,15	ND	4,5
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.38 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de novembro de 2014 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**0,05**	**0,5**	2,5
P1	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	BQ-124746/14	ND	ND	ND	<0,5	ND	1,6	0,06	<0,1	2,6
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-124745/14	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	0,07	ND	11,8
P2	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-124758/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	1,3	0,12	ND	11,4
P3	*Steindachnerina biornata*	biru	onívoro	BQ-124749/14	<0,5	ND	ND	<0,5	<0,1	15,8	0,05	<0,1	9,5
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-124748/14	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	0,09	<0,1	4,4
	Loricariichthys anus	viola	herbívoro	BQ-124747/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	6,6	0,06	ND	9,4
P4	*Gymnogeophagus gymnogenys*	cará	onívoro	BQ-124753/14	<0,5	<0,1	ND	<0,5	<0,1	13,7	0,04	<0,1	3,7
	Oligosarcus robustus	branca	carnívoro	BQ-124755/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	0,33	ND	6,0
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-124752/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	1,6	0,06	ND	8,0
P6	*Gymnogeophagus gymnogenys*	cará	onívoro	BQ-124756/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	6,7	0,05	ND	12,1
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-124759/14	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	0,05	ND	6,9
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.39 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de janeiro de 2015 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/kg P.S.	mg/Kg P.S.
				LOQ	2,5	0,5	2,5	2,5	0,5	2,5	0,05	0,5	2,5
P1	*Astyanax dissensus*	lambari	onívoro	BQ-127017/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	2,3	ND	<0,1	3,2
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-127025/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	1,7	0,02	<0,1	8,9
P3	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	BQ-127020/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	5,2	<0,01	<0,1	4,3
	Oligosarcus jenynsii	branca	carnívoro	BQ-127022/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	ND	<0,1	2,7
	Hypostomus commersonii	cascudo	herbívoro	BQ-127028/15	ND	ND	<0,5	<0,5	ND	0,8	ND	<0,1	3,9
P4	*Cyphocharax voga*	biru	onívoro	BQ-127021/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,6	<0,01	<0,1	2,6
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-127026/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	<0,1	2,6
	Rineloricaria sp.	viola	herbívoro	BQ-127030/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,9	ND	<0,1	3,0
P5	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	BQ-127023/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,6	ND	<0,1	5,0
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-127018/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,7	<0,01	<0,1	5,6
	Loricariichthys anus	cascudo	herbívoro	BQ-127024/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	<0,1	3,7
P7	*Hypostomus commersonii*	cascudo	herbívoro	BQ-127029/15	ND	ND	<0,5	<0,5	ND	0,5	ND	<0,1	2,3
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-127019/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,6	ND	<0,1	5,6
	Hoplias malabaricus	traíra	carnívoro	BQ-127027/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	ND	<0,1	3,4
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.40 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados na amostragem de maio de 2015 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Espécie	Nome comum	Nível trófico	Parâmetro	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
				Unidade	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/kg P.S.**	**mg/Kg P.S.**
				LOQ	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**2,5**	**0,5**	**2,5**	**0,05**	**0,5**	2,5
P1	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	BQ-131866/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	3,4	0,01	ND	4,4
	Astyanax dissenssus	lambari	onívoro	BQ-131865/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	2,4	<0,01	ND	9,2
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	herbívoro	BQ-131867/15	<0,5	<0,1	ND	<0,5	<0,1	5,5	0,01	<0,1	6
P2	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	BQ-131869/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	ND	2,6
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-131868/15	ND	ND	ND	<0,5	<0,1	1,2	0,01	ND	5,4
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	herbívoro	BQ-131870/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	ND	3,6
P3	*Oligosarcus jenynsii*	branca	carnívoro	BQ-131872/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,9	<0,01	ND	4,5
	Astyanax dissenssus	lambari	onívoro	BQ-131871/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,9	<0,01	ND	5,1
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	herbívoro	BQ-131873/15	<0,5	ND	ND	<0,5	ND	1,9	<0,01	ND	3,5
P4	*Astyanax fasciatus*	lambari	onívoro	BQ-131874/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	1,8	<0,01	ND	5,5
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	herbívoro	BQ-131875/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	ND	3,7
P5	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	BQ-131877/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,7	<0,01	ND	5,6
	Astyanax fasciatus	lambari	onívoro	BQ-131876/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	1	<0,01	ND	5,8
	Hemiancistrus punctulatus	cascudo	herbívoro	BQ-131878/15	0,7	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	ND	3,0
P7	*Oligosarcus robustus*	branca	carnívoro	BQ-131880/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	<0,5	<0,01	ND	5,8
	Cyphocharax voga	biru	onívoro	BQ-131881/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	1,2	<0,01	ND	3,3
	Loricariichthys anus	cascudo	herbívoro	BQ-131879/15	ND	ND	ND	<0,5	ND	0,7	0,2	ND	2,8
Valor de referência (Bowen, 1979)					**0,2 – 10**	**0,1 – 3**	**0,001 - 15**	**0,7 – 15**	**0,03 – 2**	**0,3 – 4,6**	**0,4**	**0,1 – 4**	**9 - 80**

*Valores grifados apontam concentrações acima da referência adotada nesse trabalho.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 5.3.5.41 - Valores das concentrações de elementos-traço registrados nas amostragens conduzidas em nov/2016, jan/2017, abr/2017 e julho/2017 no tecido muscular de peixes na bacia hidrográfica do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto	Data	Especie	Nome popular	Grupo funcional	Relatório de análise	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
5	10/07/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14652/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	11,20	54,30	3,80		< 0,5	26,40
5	10/07/2017	*Loricariichthys anus*	cascudo viola	raspadores bentônicos	14654/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,90	< 1,5	1,90	< 0,08	< 0,5	23,30
5	10/07/2017	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14655/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	8,20	< 1,5	1,50	0,35	< 0,5	19,70
3	24/07/2017	*Rineloricaria cadae*	cascudo	raspadores bentônicos	14656/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	21,90	< 1,5	5,10		< 0,5	39,00
2	23/07/2017	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspadores bentônicos	14658/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,70	< 1,5	5,20		< 0,5	28,30
2	23/07/2017	*Rhamdia quelen*	jundiá	carnívoro	14660/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	10,60	< 1,5	< 0,5		< 0,5	21,20
7	22/07/2017	*Loricariichthys anus*	cascudo viola	raspadores bentônicos	14661/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,50	< 1,5	< 0,5		< 0,5	18,50
7	22/07/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14662/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	9,50	< 1,5	4,50		< 0,5	19,90
1	24/07/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14663/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,60	< 1,5	2,30		< 0,5	16,20
1	24/07/2017	*Oligosarcus jenynsii*	peixe cachorro	carnívoro	14664/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,70	< 1,5	2,00	1,33	< 0,5	21,40
4	23/07/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14665/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,00	< 1,5	5,70		< 0,5	21,60
4	23/07/2017	*Oligosarcus robustus*	peixe cachorro	carnívoro	14666/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,60	4,10	1,20		< 0,5	19,80
4	23/07/2017	*Hypostomus punctulatus*	cascudo	raspadores bentônicos	14669/2017-1.0	3,60	< 0,25	< 1	8,10	< 1,5	1,60		< 0,5	24,30
8	24/07/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14670/2017-1.0	< 1	< 0,25	1,20	10,80	< 1,5	1,90		< 0,5	29,60
8	24/07/2017	*Australoherus sp.*	lambari	onívoro	14671/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	13,20	< 1,5	1,30		< 0,5	42,60
6	23/07/2017	*Hyphessobrycon luetkaenii*	lambari	onívoro	14672/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	9,10	< 1,5	125,00	0,28	< 0,5	149,00
6	23/07/2017	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14673/2017-1.0	1,90	< 0,25	< 1	14,90	< 1,5	79,90		< 0,5	218,00
1	25/01/2017	*Oligosarcus robustus*	peixe cachorro	carnívoro	14674/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,20	< 1,5	2,20	3,21	< 0,5	24,00
6	26/01/2017	*Astyanax jacuhiensis*	lambari	onívoro	14676/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	31,70	< 1,5	3,20		< 0,5	66,90
6	25/01/2017	*Crenicichla punctata*	joana	carnívoro	14677/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	9,00	< 1,5	153,00	0,26	< 0,5	150,00
5	26/01/2017	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14678/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,60	< 1,5	1,10	0,72	< 0,5	18,70
5	26/01/2017	*Loricariichthys anus*	cascudo viola	raspadores bentônicos	14679/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	6,90	< 1,5	1,00	0,25	< 0,5	23,10
2	26/01/2017	*Oligosarcus robustus*	peixe cachorro	carnívoro	14680/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,50	< 1,5	1,50		< 0,5	15,40
2	26/01/2017	*Hypostomus punctulatus*	cascudo	raspadores bentônicos	14681/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,90	< 1,5	16,50	< 0,08	< 0,5	27,90
3	10/11/2016	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspadores bentônicos	14682/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	8,30	< 1,5	9,50		< 0,5	42,50
3	10/11/2016	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14683/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	15,60	< 1,5	2,10		< 0,5	39,90
4	10/11/2016	*Hypostomus punctulatus*	cascudo	raspadores bentônicos	14684/2017-1.0	3,00	< 0,25	< 1	10,30	< 1,5	2,80		< 0,5	30,20

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Ponto	Data	Especie	Nome popular	Grupo funcional	Relatório de análise	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
5	11/11/2016	*Trachelyopterus lucenai*	porrudo	onívoro	14685/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	14,20	< 1,5	1,60		< 0,5	27,10
5	11/11/2016	*Loricariichthys anus*	cascudo viola	raspadores bentônicos	14686/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,20	< 1,5	1,30		< 0,5	20,40
4	10/11/2016	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14687/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	10,60	< 1,5	2,10		< 0,5	26,40
4	10/11/2016	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14688/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,80	< 1,5	1,40		< 0,5	14,90
7	11/11/2016	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14689/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	24,40	< 1,5	7,40		< 0,5	30,60
7	11/11/2016	*Oligosarcus robustus*	peixe cachorro	carnívoro	14690/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,80	< 1,5	2,70	2,70	< 0,5	21,70
7	11/11/2016	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspadores bentônicos	14691/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	15,00	< 1,5	2,80		< 0,5	30,50
2	10/11/2016	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14692/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	14,50	< 1,5	3,80		< 0,5	31,10
2	10/11/2016	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14693/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,30	< 1,5	5,60		< 0,5	21,60
2	10/11/2016	*Hypostomus punctulatus*	cascudo	raspadores bentônicos	14694/2017-1.0	2,60	< 0,25	< 1	19,90	60,00	2,00		< 0,5	24,50
1	11/11/2016	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14695/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	6,40	< 1,5	2,40	0,61	< 0,5	17,00
1	11/11/2016	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14696/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	6,80	< 1,5	< 0,5	0,74	< 0,5	26,30
2	27/04/2017	*Crenicichla punctata*	joana	carnívoro	14698/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	10,50	< 1,5	< 0,5		< 0,5	31,40
2	27/04/2017	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspadores bentônicos	14699/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	9,70	< 1,5	25,20		< 0,5	26,50
4	27/04/2017	*Hypostomus commersoni*	cascudo	raspadores bentônicos	14701/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	9,00	< 1,5	50,30		< 0,5	24,10
4	27/04/2017	*Rhamdia quelen*	jundiá	carnívoro	14702/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	8,90	< 1,5	1,30		< 0,5	31,80
1	29/04/2017	*Rineloricaria cadae*	cascudo	raspadores bentônicos	14704/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	24,40	< 1,5	14,20		< 0,5	38,40
1	29/04/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14705/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	13,40	< 1,5	3,20		< 0,5	27,70
1	29/04/2017	*Oligosarcus jenynsii*	peixe cachorro	carnívoro	14707/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,60	< 1,5	1,10	1,40	< 0,5	21,20
8	27/04/2017	*Oligosarcus jenynsii*	peixe cachorro	carnívoro	14708/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	23,60	< 1,5	< 0,5		< 0,5	34,80
8	27/04/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14710/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	12,60	< 1,5	1,40		< 0,5	31,70
8	27/04/2017	*Australoherus sp.*	lambari	onívoro	14711/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	14,20	< 1,5	1,40		< 0,5	34,10
6	28/04/2017	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14712/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	15,60	< 1,5	3,10		< 0,5	22,70
6	28/04/2017	*Astyanax sp.*	lambari	onívoro	14713/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	22,80	< 1,5	2,10		< 0,5	37,90
7	28/04/2017	*Oligosarcus robustus*	peixe cachorro	carnívoro	14715/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	13,20	< 1,5	< 0,5		< 0,5	21,50
7	28/04/2017	*Loricariichthys anus*	cascudo viola	raspadores bentônicos	14717/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,40	< 1,5	< 0,5		< 0,5	23,80
5	28/04/2017	*Loricariichthys anus*	cascudo viola	raspadores bentônicos	14718/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	7,20	< 1,5	2,00	< 0,08	< 0,5	21,30
5	28/04/2017	*Hoplias malabaricus*	traíra	carnívoro	14720/2017-1.0	< 1	< 0,25	< 1	6,70	< 1,5	< 0,5		< 0,5	24,80

Método Analítico SW846-USEPA 3050B:1996 / SW846-USEPA 6010C:2007: (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn)
Método Analítico SW846-USEPA 7471B:1994: (Hg).

Referência Bibliográfica

BOWEN, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the Elements.

BRUSCHI Jr, W.; MALABARBA, L.R. & SILVA, J.F.P. 2000. Avaliação da qualidade dos riachos através das taxocenoses de peixes. Em: Carvão e Meio Ambiente / Centro de Ecologia / UFRGS. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

FONTOURA, N.F.; REIS, R.E.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; MANSUR, M.C.D.; STRECK, C.D.; HOFFMANN, M.A. & TEIXEIRA, E.C. 2004. Efeito da contaminação aquática sobre a riqueza específica e distribuição de fauna em áreas que sofrem influência das atividades do processamento de carvão – Região de Candiota – RS. In: Estudos Ambientais em Candiota: Carvão e seus impactos. Porto Alegre, 2004, p. 143-154.

PIEVE, S.M.N.; KUBO, R.R. & COELHO-DE-SOUZA, G. 2009. Pescadores da Lagoa Mirim: etnoecologia e resiliência – Brasília : MDA, 2009. 244p.

.

6. AMBIENTE TERRESTRE - BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE

Para este ambiente estão considerados os compartimentos: flora, avifauna, herpetofauna, bioindicadores da qualidade do ar e bioindicadores utilizando a atividade pecuária. Para o compartimento terrestre, outras estações amostrais foram estabelecidas.

Rede de Monitoramento Ambiental

As localizações das Estações Amostrais do Monitoramento do Ambiente Terrestre estão apresentadas no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre.

Estação Amostral	Coordenadas do Ponto	Denominação das Estações Amostrais
EA 1	UTM 262163 / 6503935	Serra da Veleda (EA de referência)
EA 2	UTM 241561 / 6501179	Fazenda Três Lagoas
EA 3	UTM 243736 / 6510363	Fazenda Candiota
EA 4	UTM 248153 / 6509846	Nordeste - Chácara Santa Clara
EA 5	UTM 249292 / 6503784	Sudeste – Fazenda Santa Rit

Para efeito da localização exata das estações amostrais em campo, foi considerada uma área amostral real de até 1.000 metros de raio no entorno dessas coordenadas UTM.

A direção das cinco estações de monitoramento do ambiente terrestre em relação à Usina Termoelétrica de Candiota e o objetivo das estações são descritas no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 - Descrição das estações amostrais da Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre.

EA	Localização	Objetivo
1	Direção leste a partir da Usina	Avaliar o background da região
2	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão sobre o ecossistema terrestre na direção predominante do vento
3	Direção noroeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão na direção predominante secundária do vento
4	Direção nordeste a partir da Usina	Avaliar o impacto sobre o ecossistema terrestre na direção nordeste
5	Direção sudeste a partir da Usina	Validar a estação de referência

A localização Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre está apresentada na Figura 6.1.

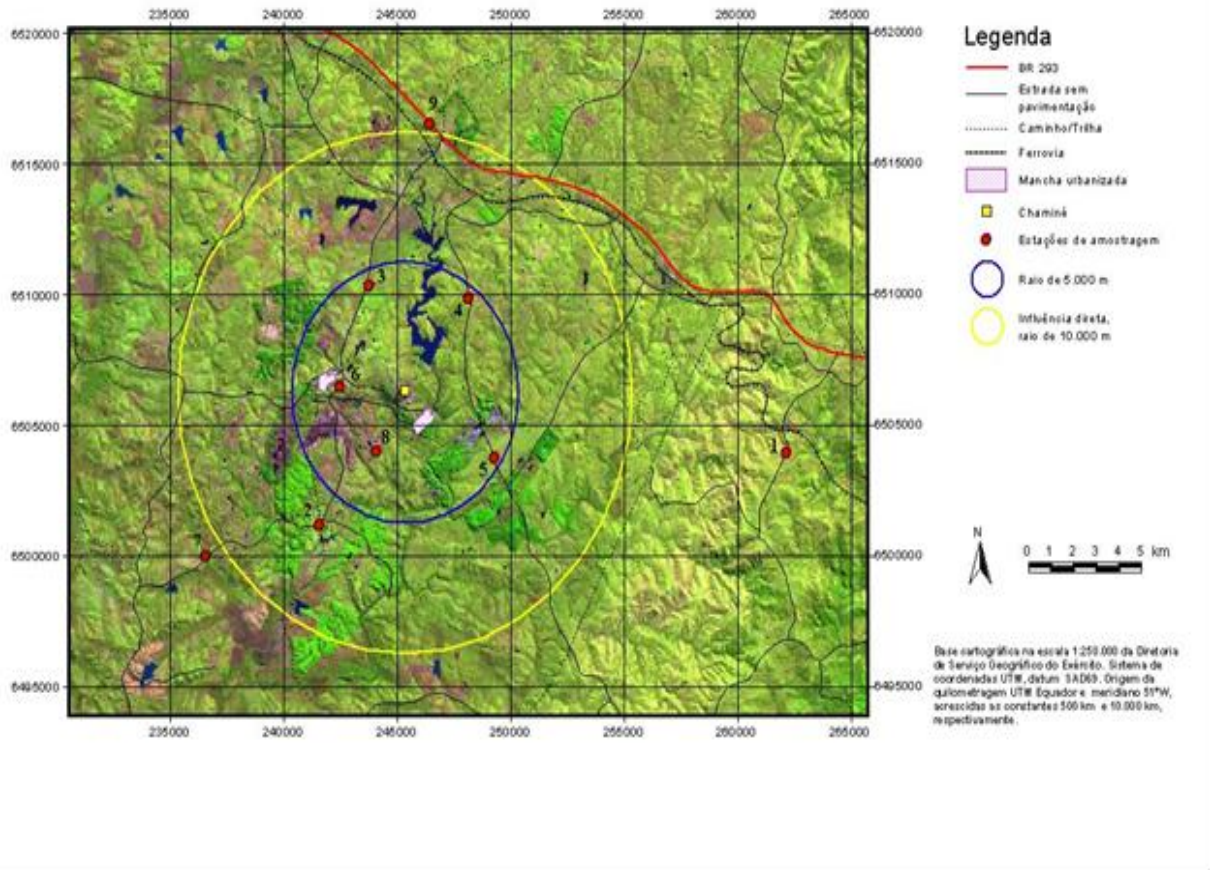


Figura 6.1 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre.

6.1. MONITORAMENTO DA FLORA

Composição florística de comunidades campestres

Introdução

No presente relatório, são apresentados os resultados das atividades de quatro campanhas nas seis propriedades rurais (Estações Amostrais - EAs) previstas no projeto. As campanhas foram realizadas nos meses novembro de 2016 (campanha de primavera), janeiro de 2017 (campanha de verão), abril de 2017 e agosto de 2017 (campanha de inverno), (campanha de outono), onde amostraram-se comunidades campestres, tendo por objetivos:

► analisar a composição florística, incluindo espécies exóticas;

► verificar a ocorrência de alterações na vegetação em decorrência de ações antrópicas;

► comparar as EAs mediante emprego do índice de diversidade de Simpson e de Análise de Coordenadas Principais (PCoA).

► estabelecer uma classificação das EAs por meio de uma ponderação de fatores como: riqueza de espécies; presença de espécies invasoras; presença de espécies arbustivas e do tipo de manejo empregado em cada EA.

Métodos e Distribuição das Estações Amostrais

Amostragem

Foram efetuados levantamentos florísticos nas seis EAs previstas no projeto: EA1 (Serra do Veleda), EA2 (Fazenda Três Lagoas), EA3 (Fazenda Candiota), EA4 (Chácara Santa Clara), EA5 (Fazenda Santa Rita) e EA6 (Fazenda Amor de Mãe). A EA, situada no município de Pinheiro Machado, é a estação de referência; as demais EAs localizam-se no município de Candiota.

Os inventários foram realizados empregando a técnica de parcelas de 0,25 m^2, distribuídas alternadamente ao longo de um transecto disposto na área de campo amostrada (Figura 6.1.1). Em cada uma das EAs, utilizaram-se 38 parcelas (Figura 6.1.2).



Figura 6.1.1 - Parcelas amostrais em uma área de campo.

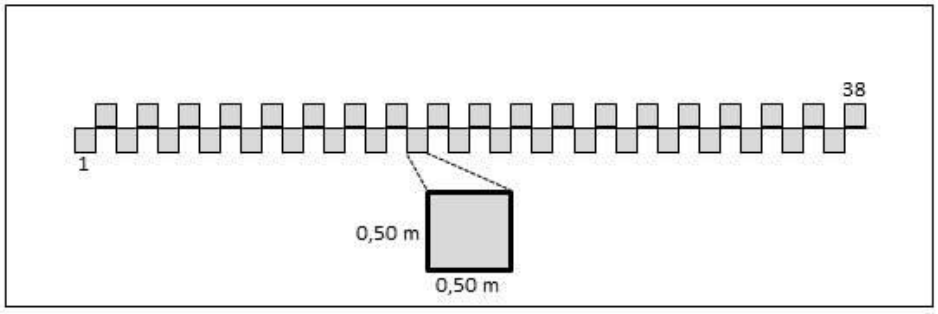


Figura 6.1.2 - Representação esquemática mostrando a distribuição espacial das 38 parcelas amostrais.

As figuras 6.1.3 a 6.1.8 apresentam a localização de cada uma das transecções nas respectivas EAs.

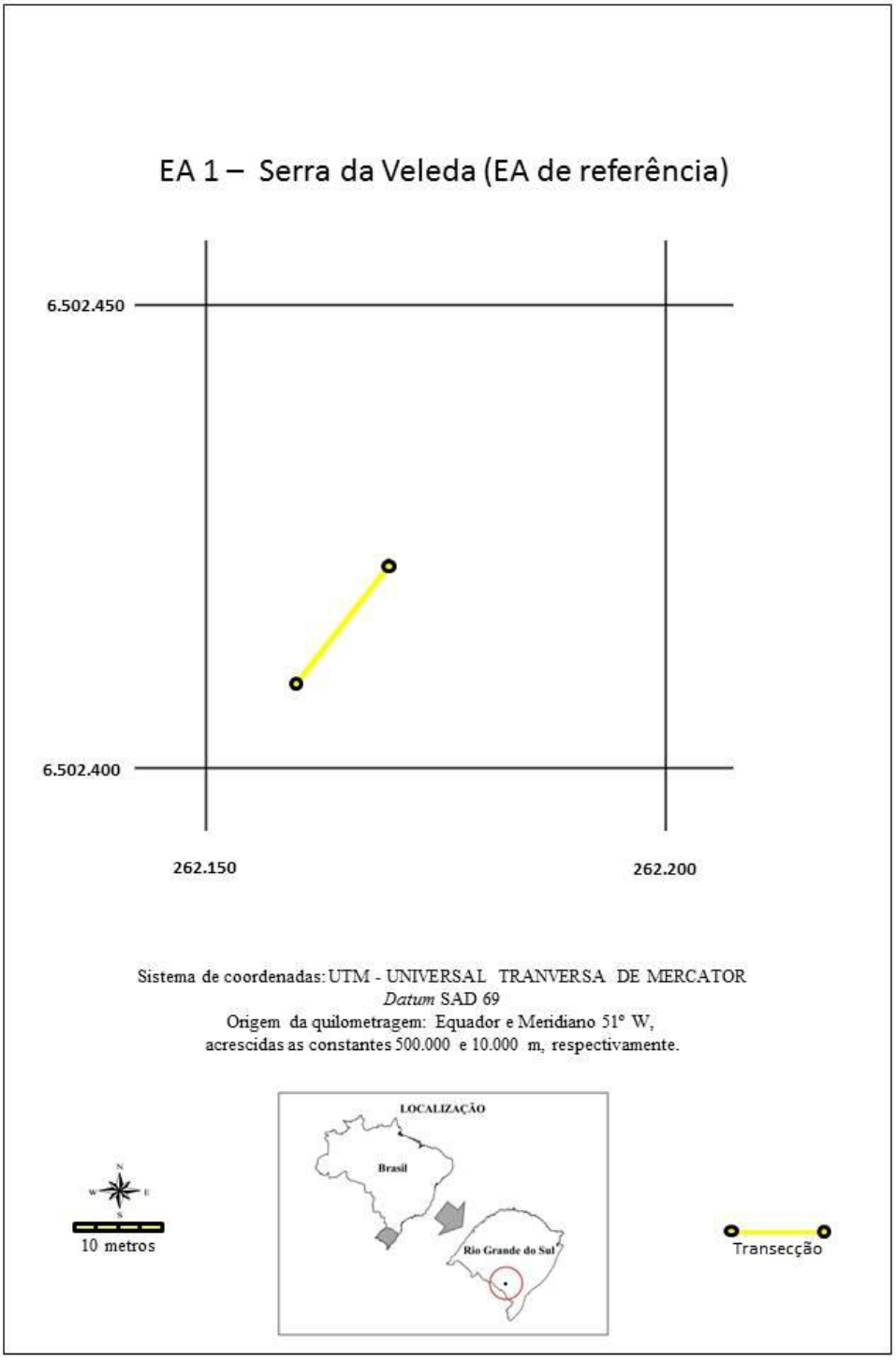


Figura 6.1.3 - Mapa mostrando a localização do transecto amostral na Estação Amostral EA1 – Serra do Veleda.

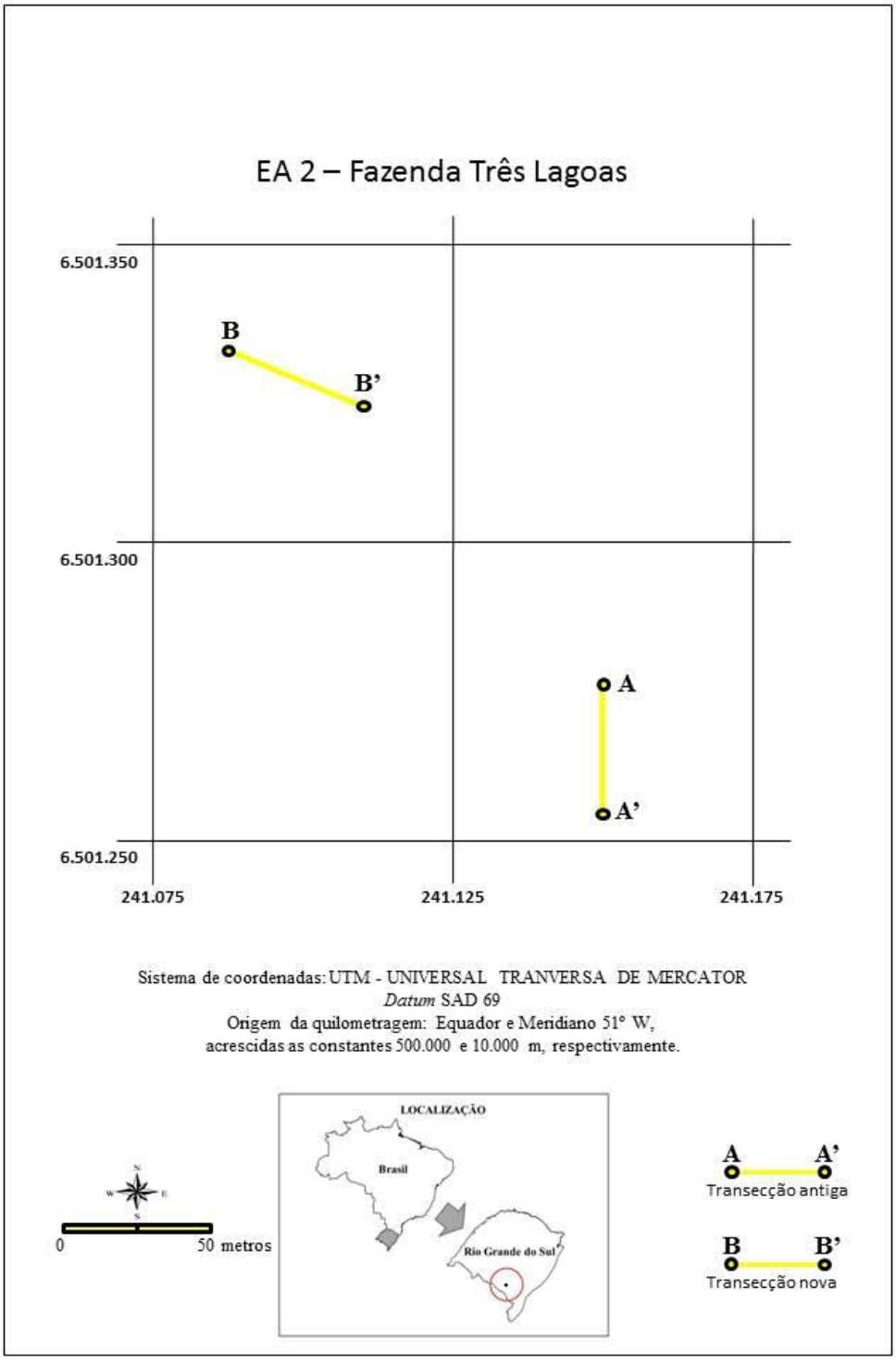


Figura 6.1.4 - Mapa mostrando a localização do transecto amostral (B-B') na Estação Amostral EA2 – Fazenda Três Lagoas.

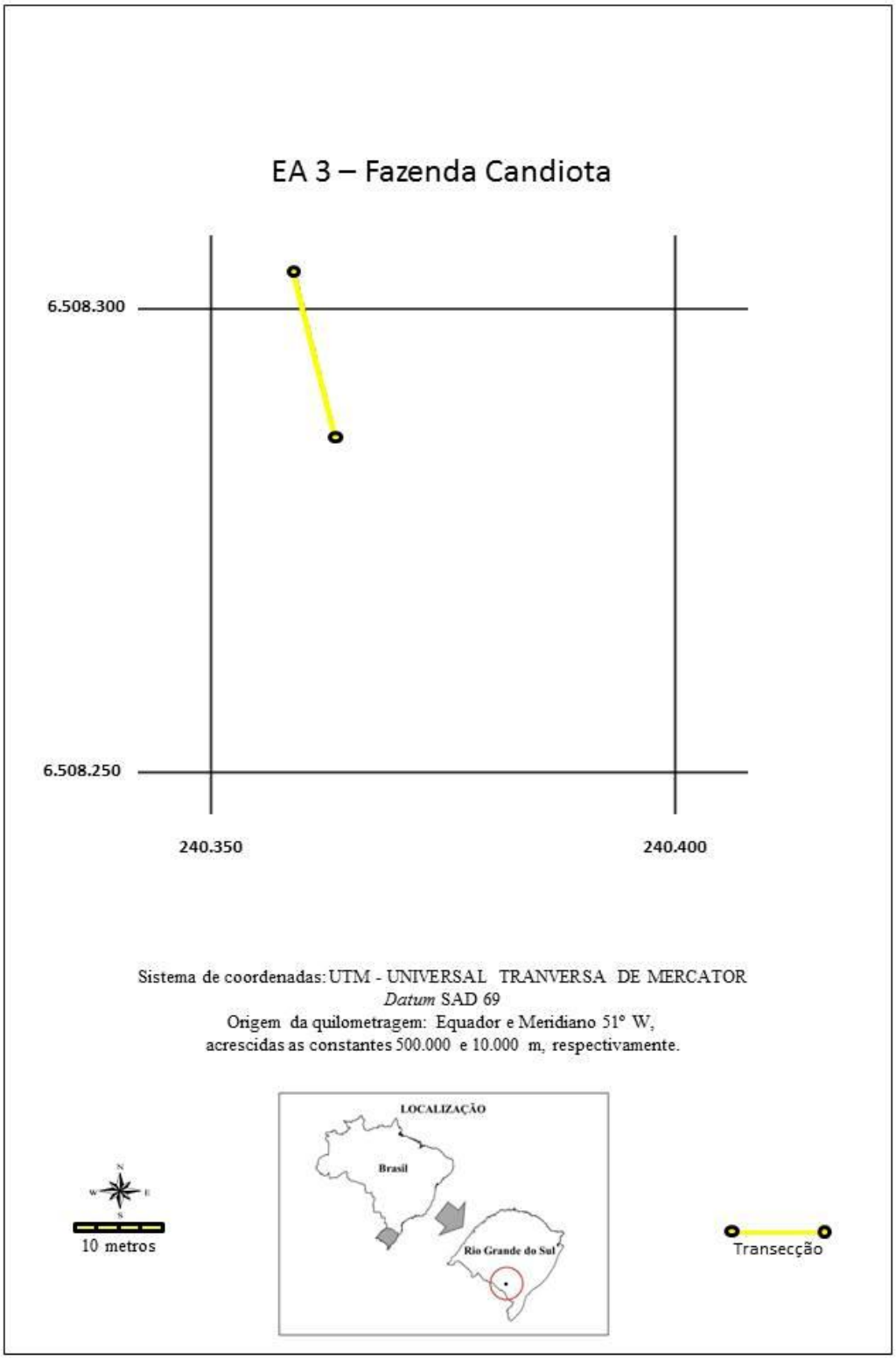


Figura 6.1.5 - Mapa mostrando a localização do transecto amostral na Estação Amostral EA3 – Fazenda Candiota.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

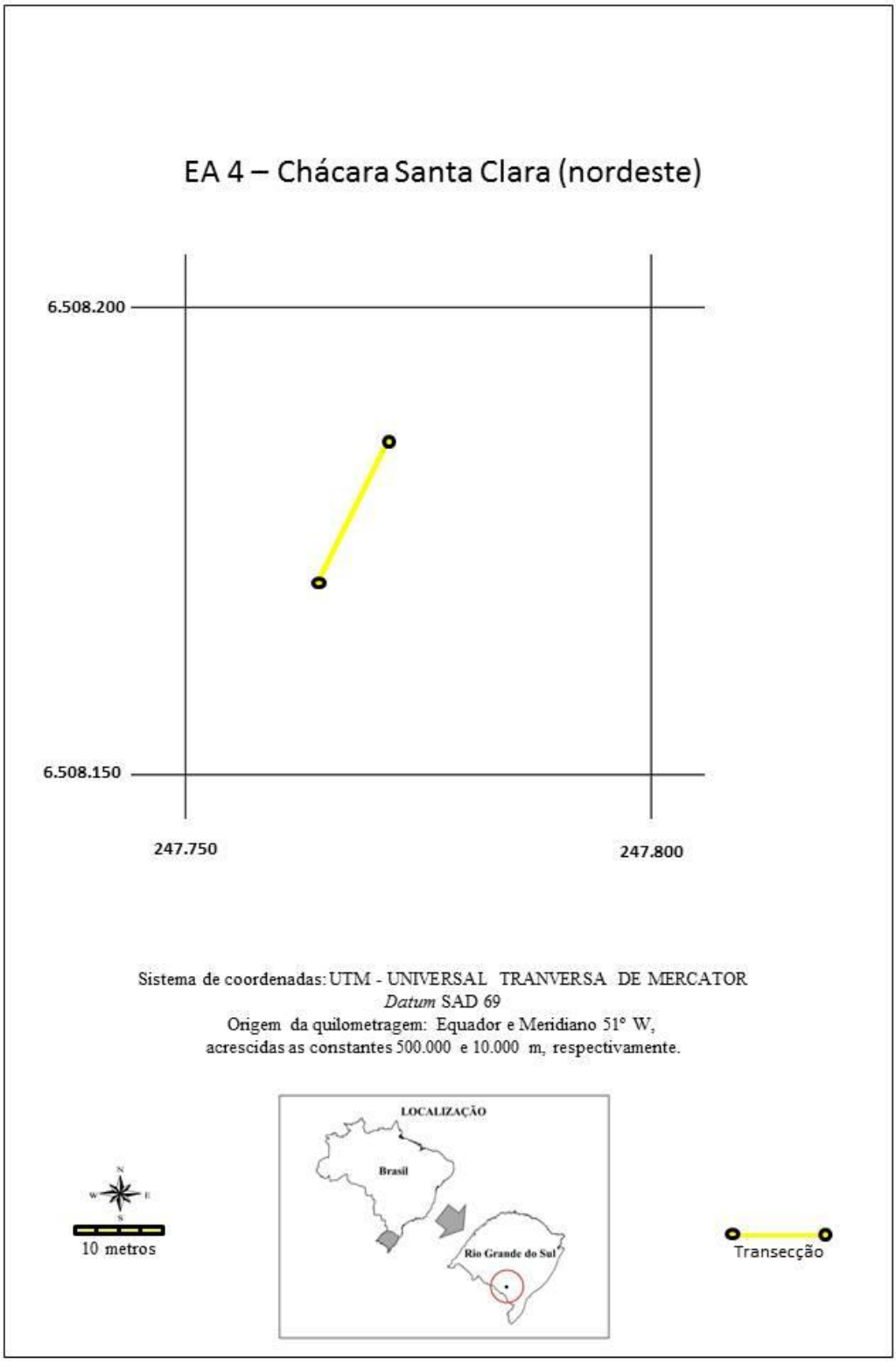


Figura 6.1.6 - Mapa mostrando a localização do transecto amostral na Estação Amostral EA4 – Chácara Santa Clara.

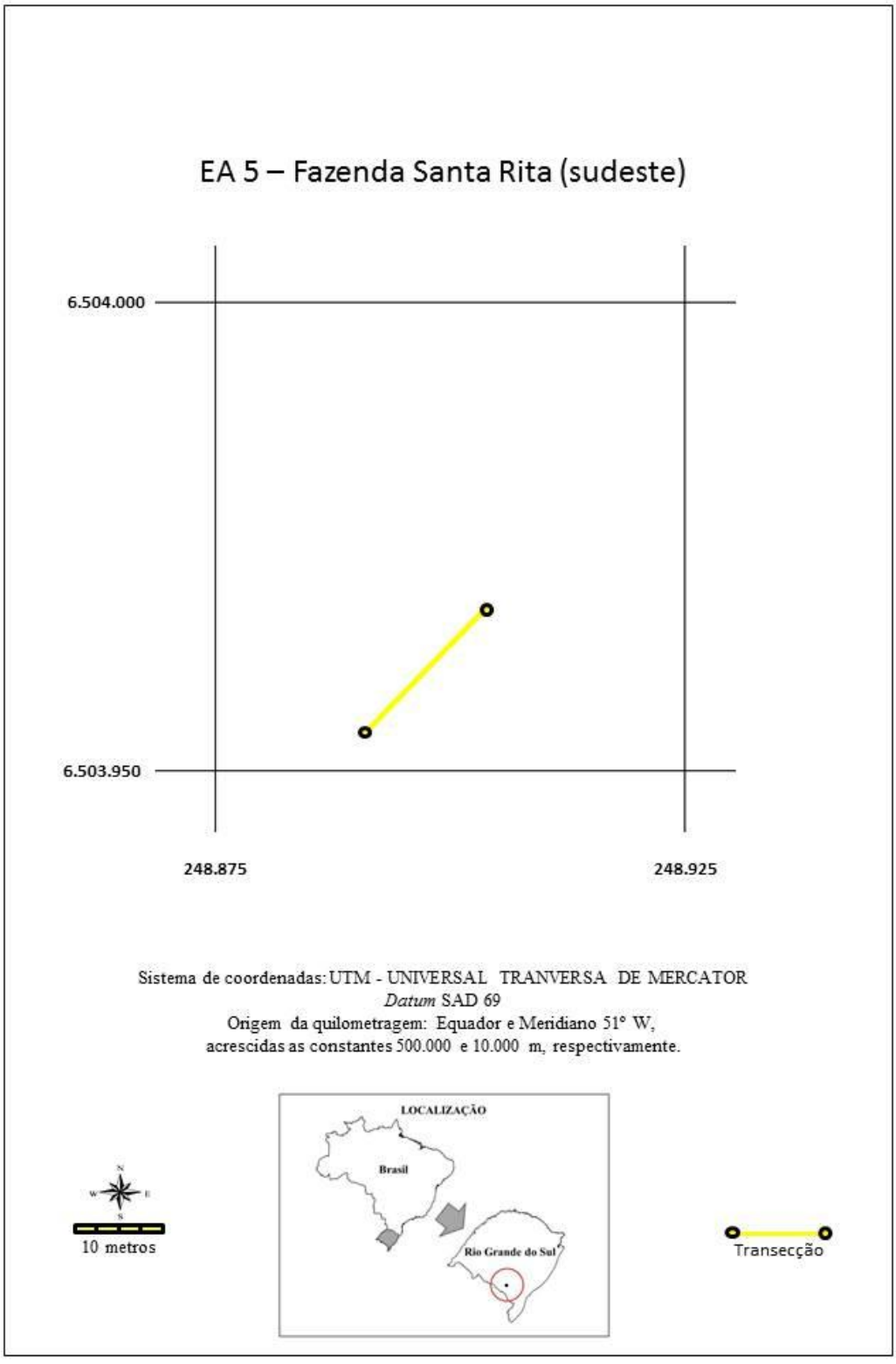


Figura 6.1.7 - Mapa mostrando a localização do transecto amostral na Estação Amostral EA5 – Fazenda Santa Rita.

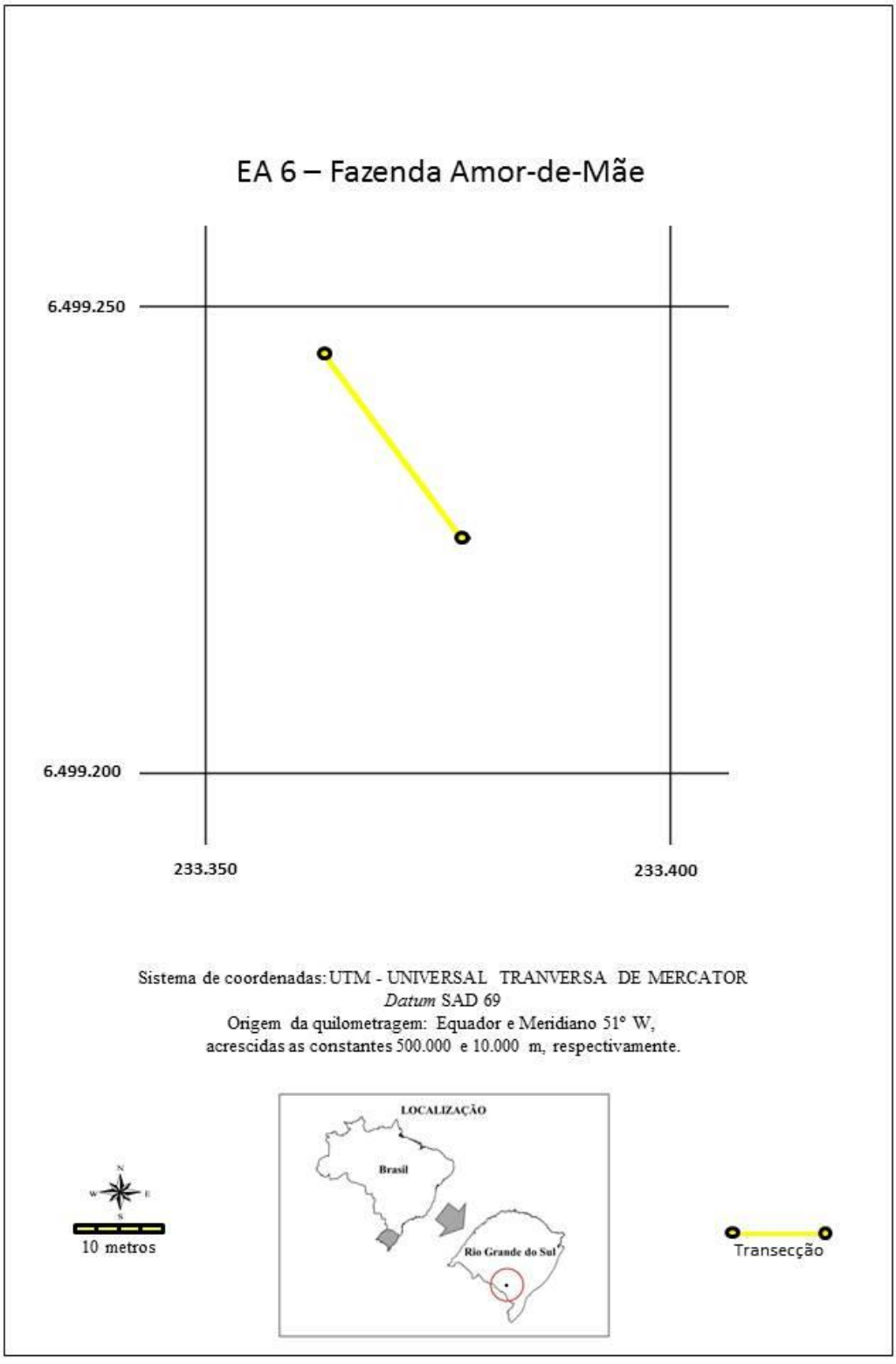


Figura 6.1.8 - Mapa mostrando a localização da transecção amostral na Estação Amostral EA1 – Fazenda Amor-de-Mãe.

Composição florística

Os espécimes botânicos foram identificados mediante consultas de material de herbário e publicações especializadas, principalmente sobre florística e taxonomia. Para as identificações botânicas, foi seguido o sistema de classificação APG (Angiosperm Phylogeny Group).

A partir das campanhas de outono (abril de 2017) e de inverno (agosto de 2017), em todas as parcelas das EAs, além da identificação e registro das espécies ocorrentes, foi estimada a cobertura do solo de cada uma das espécies. A cobertura é um parâmetro fitossociológico que possibilita estimar a abundância da espécie considerada em relação à área estabelecida. A técnica empregada foi a de Braun-Blanquet (modificada), sendo adotadas seis classes de cobertura: **r** (até 1% de cobertura), **1** (de 1 a 12,5%), **2** (12,5-25%), **3** (25-50%), **4** (50-75%) e **5** (75-100%).

Análise estatística

Inicialmente, os valores dos índices de cobertura das espécies (modificado de Braun-Blanquet) foram transformados em valores médios de cobertura referentes, conforme tabela 6.1.1.

Tabela 6.1.1 - Transformação dos índices de cobertura atribuídos (valor de campo).

Índice de cobertura	intervalo de cobertura (%)	média do intervalo (%)
R	menor que 1	1
1	de 1 a 12,5	6.25
2	de 12,5 a 25	18,75
3	de 25 a 50	37.5
4	de 50 a 75	62.5
5	de 75 a 100	87.5

Posteriormente, foi calculado o índice de diversidade de Simpson, através do software Past, para cada parcela amostral, baseando-se nos valores de coberturas de espécies. Para cada campanha analisada (agosto e abril), foi realizada uma análise de variância com teste de permutação, para testar se o índice de diversidade difere entre os quadros das diferentes EAs.

Para explorar como as diferentes EAs se relacionam com a composição e com a cobertura de espécies, foi calculada, primeiramente, a média de cobertura de cada espécie para cada EA, nas duas campanhas amostrais. Posteriormente, foi calculada a distância Euclidiana entre as EAs e realizada uma análise de componentes principais (PCoA). Os resultados da análise foram expressos na forma de um gráfico de ordenação. Ambas as análises foram realizadas no software MULTIV.

Resultados

Composição florística

Os resultados dos inventários florísticos das quatro campanhas, nas seis EAs, estão expostos no Quadro 6.1.1.

Quadro 6.1.1 - Espécies vegetais presentes ocorrentes em comunidades campestres nas seis EAs: **EA1** – Serra do Veleda, **EA2** – Fazenda Três Lagoas, **EA3** – Fazenda Candiota, **EA4** – Chácara Santa Clara, **EA5** – Fazenda Santa Rita, **EA6** – Fazenda Amor de Mãe; **1** = Primavera (novembro de 2016), **2** = Verão (janeiro de 2017), **3** = outono (abril de 2017), **4** = inverno (agosto de 2017); Indet.: Indeterminada

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Amaranthaceae	*Pfaffia gnaphaloides* (L.f.) Mart.	1-2				2	
Amaranthaceae	*Pfaffia tuberosa* (Spreng.) Hicken	1			3-4		
Amaranthaceae	cf. *Chenopodium* sp.	2				1	
cf.Amaranthaceae					4		
Apiaceae	*Centella* sp.	2					
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum* (Pers.) Sprague	1-4	1-2	1	1	1-2-3	2
Apiaceae	*Eryngium horridum* Malme			1-2-4	2-3-4	1-2-3	2-3-4
Apiaceae	*Eryngium sanguisorba* Cham. et Schlechtdl.	1-3-4	4		1-4		
Apiaceae	*Eryngium sp.*						4
Apiaceae	*Hydrocotyle pusilla* A. Rich.	1-4		1-4			
Asteraceae	*Acanthospermum australe* (Loefl.) Kuntze		1-2				
Asteraceae	*Aspilia setosa* Griseb.	1-2-4		1-2-3-4			3
Asteraceae	*Baccharis coridifolia* DC.		4	3-4	2-3-4	1-2-3	

Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.			1-2-3-4			4
Asteraceae	*Baccharis trimera* (Less.) DC.	1-2-3-4		1-2-4	1-2-3	1	2
Asteraceae	*Chaptalia exscapa* (Pers.) Baker	2-3		1-4	1		
Asteraceae	*Chaptalia integerrima* (Vell.) Burkart	3-4			3-4		
Asteraceae	*Chaptalia mandonii* Sch. Bip. Ex Burkart				3-4		
Asteraceae	*Chaptalia piloselloides* (Vahl) Baker	4		4	1-3-4	4	2-3-4
Asteraceae	*Chaptalia runcinata* Kunth	3		1-3	1-3		
Asteraceae	*Chevreulia acuminata* Less.	1-2-3-4		1-2-3-4	1-2-3-4		
Asteraceae	*Chevreulia sarmentosa* (Pers.) Baker	1-2-3-4		1-2-3-4	1-2-4		
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.		1-2			1-4	2
Asteraceae	*Conyza bonariensis* var. *angustifolia* (Cabr.) Cabr.		2-3				
Asteraceae	*Conyza bonariensis* var. *bonariensis* (L.) Cronq.		1-2-4	1-4	1-4		4
Asteraceae	*Conyza* sp.		2	4	3		
Asteraceae	*Elephantopus mollis* Kunth	1-2-3-4	1-2-3-4	2-3-4		1-2-3-4	
Asteraceae	*Eupatorium buniifolium* Hook. ex Arn.		2-3	1-2-3-4	1-2-4		2-3
Asteraceae	*Facelis retusa* (Lam.) Sch. Bip.	1-3-4	1-4	1-4	4	1-4	4
Asteraceae	*Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd.	1-2-3-4	1-2-3-4	1-4	1-2-3-4	1-2-4	1-2-3
Asteraceae	*Hypocharis albiflora (Kuntze)* Azevêdo-Gon. & Matzenb.	1		1-3-4			
Asteraceae	*Hypocaheris glabra* L.	3-4	4	1-3	1-4	1-4	3-4
Asteraceae	*Hypochaeris megapotamica* Cabr.	1		1			
Asteraceae	*Hypochaeris neopinnatifida* Azevêdo-Gon. & Matzenb.	1-4					
Asteraceae	*Hypochaeris radicata* L.	1-4			4		2-4
Asteraceae	*Lucilia nitens* Less.	4	1		4	1	
Asteraceae	*Micropsis dasycarpa* (Griseb.) Beauverd					4	
Asteraceae	*Noticastrum diffusum* (Pers.) Cabr.	3-4				3-4	4
Asteraceae	*Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.	4	1	1	2-4		
Asteraceae	*Senecio heterotrichius* DC.	4	2-3-4	1			
Asteraceae	*Solidago chilensis* Meyen		1-3-4	1-2-3-4			
Asteraceae	*Soliva anthelmifolia* (Juss.) Brown	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-4
Asteraceae	*Stenachaenium campestre* Baker	2-4					
Asteraceae	*Stenachaenium megapotamicum* (Spreng.) Baker		1-3				
Asteraceae	*Symphyotrichium squamatum* (Spreng.) G. L.				2	2	1-2
Asteraceae	*Vernonia nudiflora* Less.		3	1	1-2-3	2	
Asteraceae		4		4	4	4	
Brassicaceae	*Lepidium aletes* J. F. Macbr.	1-2				2	
Bryopsida				4	4		
Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuill.	1	4	4		1-4	1-4
Caryophyllaceae	*Cerastiuum humifusum* Cambess. ex St.-Hil.	1	3-4	1-3-4	4	1-3-4	4
Caryophyllaceae	*Spergularia* sp.	1					
Convolvulaceae	*Dichondra sericea* Sw.	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Convolvulaceae	*Evolvulus sericeus* Sw.	1-2-3		1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	
Cyperaceae	*Bulbostylis capillaris* (L.) Kunth. Ex C. B. Clarke	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3	1-2-3-4	1-2-3-4
Cyperaceae	*Bulbostylis sp.*	1-2	1-2-3-4	4		1-2-3-4	1-2-3-4
Cyperaceae	*Carex phalaroides* Kunth	1	1	1		1	1-2
Cyperaceae	*Carex sororia* Kunth	1-3		1-2		2-3	1
Cyperacea	*Cyperus aggregatus* (Willd.) Endl.		1-2-3	1-2		1-2	1-2-3
Cyperaceae	*Cyperus reflexus* Vahl		1				2-3-4
Cyperaceae	*Cyperus rigens* J. Presl & C. Presl	3	2	3-4	2		
Cyperaceae	*Eleocharis* sp.	2			2		
Cyperaceae	*Fimbristylis dichotoma* (Retz) Vahl				2-3		
Cyperaceae	*Kyllinga brevifolia* Rottb.		1-2				
Cyperaceae	*Kyllinga odorata* Vahl	2-3	2-3	1-3	1-2-3	2-3	
Cyperaceae	*Kyllinga vaginata* Lam.	2-3-4	1-2	2-4	1-2-3-4	1-2-4	2-4
Fabaceae	*Adesmia* sp.	1					
Fabaceae	*Desmanthus depressus* H. B. K.				4		

Fabaceae	*Desmodium incanum* DC.	1-3	1-2-3-4	1-2-3	1-2-3-4	1-2-3-4	2-3-4
Fabaceae	*Galactia marginalis* Benth				4		
Fabaceae	*Medicago arabica* (L.) Huds.		1-4				
Fabaceae	*Medicago* sp.		1-2				
Fabaceae	*Stylosanthes leiocarpa* Vogel				1-2-3		
Fabaceae	*Stylosanthes montevidensis* Vogel				1		
Fabaceae	*Trifolium polymorphum* Poir.	1-3-4	1-3-4	1-2-3-4	1-3	1-3-4	3
Fabaceae	*Trifolium* sp.		4				
Hypoxidaceae	*Hypoxis decumbens* L.	1-4		1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2
Iridaceae	*Cypella herbertii* Hook					4	4
Iridaceae	*Herbertia pulchella* Sweet	1-4	1	1-4	1-3	1-3-4	1-3-4
Iridaceae	*Sisyrinchium micranthum Cav.*	1	1	1	1	1	1-3
Iridaceae	*Sisyrinchium palmifolium* L.					1	2-3-4
Lamiaceae	*Glechon thymoides* Spreng.					1	
Lamiaceae	*Marsypianthes chamaedrys* (Vahl) Kuntze	2		1-4			
Lamiaceae	*Salvia sp.*		2	1-2			
Lamiaceae	*Scutellaria racemosa* Pers.		1	1-2-3-4	3-4	3	3-4
Linaceae	*Cliococca selaginoides* (Lam.) Rogers & Mildner				1-2		
Lythraceae	*Cuphea racemosa (L .f.)* Spreng.			4	1		
Lythraceae	*Cuphea* sp.				3		
Malvaceae	*Krapovickasia urticifolia* (St.-Hil.) Fryxell	3					
Malvaceae	*Melochia* sp.		1				
Malvaceae	*Sida rhombifolia* L.	1	1-2-3-4	1-2-3-4	3	1-4	1-3
Malvaceae					4		
Moraceae	*Dorstenia brasiliensis* Lam.	1-2-3					
Myrtaceae	*Psidium incanum* (O. Berg) Burret			1-2-3-4	4		
Ophioglossaceae	*Ophioglossum crotalophoroides* Walter	4		4	4	4	
Orobanchaceae	*Agalinis communis* (Cham. & Schltdl.) D'Arcy				1-3		
Orobanchaceae	*Buchnera longifolia* Kunth					1	
Oxalidaceae	*Oxalis bipartita* St.-Hil.	3-4					
Oxalidaceae	*Oxalis debilis* Kunth	1-2-3-4	3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-3-4	3
Oxalidaceae	*Oxalis eriocarpa* DC.	1-3-4		1-2-3-4	1-3-4	1-3-4	3-4
Oxalidaceae	*Oxalis* sp. 2	1-3-4		3-4	3-4	1-3-4	4
Oxalidaceae	*Oxalis* sp. 3	3-4		3	1-3		
Oxalidaceae	*Oxalis* sp. 5	1-2-4		1-2-4	1-4	4	
Plantaginaceae	*Mecardonia procumbens* (Mill.) Small				1-2		
Plantaginaceae	*Plantago tomentosa* Lam.	1-2-3-4	1-3	1	1	1	4
Plantaginaceae	*Plantago* sp.	1-3	1-2	1-4	1=4	1	4
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis* L.	4	4	4	4	1-4	4
Plantaginaceae	*Scoparia ericacea* Cham. & Schltdl.		1		4	4	
Poaceae	*Andropogon ternatus* (Spreng.) Nees	1-3-4	1-2-3	2	1-2-3	1-2-3	
Poaceae	*Aristida circinalis* Lindm.			1	1	1	
Poaceae	*Axonopus affinis* Chase	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Poaceae	*Axonopus pottii* Valls	1-2-3-4	1-2-3-4			1-2-3-4	1-2-3-4
Poaceae	*Briza minor* L.		1	1-2	1		
Poaceae	*Briza subaristata* Lam.					1	
Poaceae	*Bromus* sp.		1				2
Poaceae	*Coelorhachis selloana* (Hack.) Henr.	1-2-4		1		1-2	
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers		1-2-3-4				1-2-3-4
Poaceae	*Dichathelium sabulorum* (Lam.) Gould & C. A. Clark	1-2-3-4		1-2-3-4	1		
Poaceae	*Eleusine tristachya* (Lam.) Lam.	1-2-3-4	1-2	1-2	2	1-2-3	
Poaceae	*Eragrostis airoides* Nees			3-4		3	
Poaceae	*Eragrostis neesii* Trin.	1-2-4		1-2	2-3-4		
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees		1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Poaceae	*Eragrostis* sp.	2					

Poaceae	*Melica eremophila* Torres	2-3		1			
Poaceae	cf. *Panicum* sp.			3	4		
Poaceae	*Paspalum conjugatum* P. J. Bergius	2	2			3-4	2-3-4
Poaceae	*Paspalum dilatatum* Poir	1-2	1	1-2-4	1-4	1-2-3	1
Poaceae	*Paspalum notatum* Fluegge	1-3-4	1-2-3	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	2-3-4
Poaceae	*Paspalum plicatulum* Michx.		3-4				
Poaceae	*Paspalum pumilum Nees*	3-4	1		1		
Poaceae	*Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi	1-2-3-4		1-2-3-4	1-2-3-4	1-3-3	
Poaceae	*Piptochaetium lasianthum* Griseb.	1		1-2-3-4	1		
Poaceae	*Poa annua* L.	4	1			1-4	1
Poaceae	*Poa bonariensis*I (Lam.) Kunth		1				
Poaceae	*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin.			1-2-3-4			
Poaceae	*Setaria parviflora* (Poir) Kerguélen	1-2-3	2-3-4	2-3-4	4	2-3	2
Poaceae	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	2-3		3		1-2-3-4	2-4
Poaceae	*Steichisma decipiens* (Nees) Brown	3					
Poaceae	*Steichisma hians* (Elliott) Nash.	1-2		1-2-3-4	2-3	3	
Poaceae	*Stipa* sp.			1		1	2
Poaceae	*Vulpia bromoides* (L.) Gray	1-2-4	1			1-2	
Poaceae						1	
Polygalaceae	*Polygala* sp.	1		1-4	1-4	1-4	
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius* L.		2			1-4	1-3-4
Polygonaceae	*Rumex* sp.						2
Primulaceae	*Centunculus minimus* L.		1-4	1	4		1-2-4
Rubiaceae	*Borreria dasycephala* (Cham. & Schltdl.) Bacigalupo & Cabral	2-3	3	2-3-4	3	2-4	2-3
Rubiaceae	*Diodia brasiliensis Spreng.*	1					
Rubiaceae	*Diodia saponariifolia* (Cham. & Schltdl.) K. Schum.		4	1-4			4
Rubiaceae	*Galianthe fastigiata* Griseb.				1-2		
Rubiaceae	*Galianthe* sp.				4		
Rubiaceae	*Relbunium richardianum* (Gill. ex Hook et Arn) Hicken	1	3	3-4	1-3-4		3-4
Rubiaceae	*Relbunium* sp.			1	1		
Rubiaceae	*Richardia brasiliensis* Gomes	1-2-3	1-2	1-2-4	1-2-3-4	1-2-3-4	3
Rubiaceae	*Richardia stellaris* (Cham. & Schltdl.) Steud	2-3-4		4	1-2-3-4	1-4	
Rubiaceae	*Spermacoce verticilata* L.	1-3	1-2	1-2-3-4	1	1-2	1-2
Scrophulariaceae	*Veronica arvensis* L.	1		1			2
Solanaceae	*Nierembergia riograndensis* Hunz. & A. A. Cocucci	1-2-3-4			1-2-4		3
Verbenaceae	*Glandularia marrubioides* (Cham.) Tronc.				1-2-3-4	1	
Verbenaceae	*Verbena montevidensis* Spreng.	1		1-2			2
Verbenaceae	*Verbena* sp.		3				
Urticaceae	*Urtica* cf. *circularis* (Hicken) Sorarú						4
Urticaceae	*Urtica urens* L.		4				
Indet. 1			1				
Indet. 2						2	
Indet. 3					4		

Em relação aos relatórios de anos anteriores, por razões taxonômicas ou de nomenclatura, houve alterações nas denominações científicas das seguintes espécies (ver Tabela 6.1.2, abaixo).

Tabela 6.1.2 - Lista de espécies vegetais que sofreram alteração na denominação, segundo família botânica, denominação anterior e atual.

Família Botânica	Denominação anterior	Denominação atual
Apiaceae	*Apium leptophyllum*	*Cyclospermum leptophyllum*
Asteraceae	*Aster squamatum*	*Symphyotrichium squamatum*
Asteraceae	*Chaptalia sinuata*	*Chaptalia integerrima*
Oxalidaceae	*Oxalis leiocarpa*	*Oxalis eriocarpa*
Poaceae	*Eragrostis bahiensis*	*Eragrostis airoides*
Poaceae	*Erianthus angustifolius*	*Saccharum angustifolium*
Primulaceae	*Anagalis arvensis*	*Centunculus arvensis*
Rubiaceae	*Borreria verticilata*	*Spermacoce verticilata*
Solanaceae	*Nierembergia veitchii*	*Nierembergia riograndensis*

Nas quatro campanhas, considerando as seis EAs, foram registrados 166 táxons. A maioria dos táxons foi identificada até o nível de gênero e/ou espécie, sendo que apenas dois deles não pertencem à categoria taxonômica das Angiospermas (plantas com flores e frutos): uma Briófita (Bryopsida) e uma Pteridófita (*Ophioglossum crotalophoroides*).

Entre as famílias de Angiospermas encontradas no presente período de observações, Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Fabaceae e Rubiaceae destacam-se pelo elevado número de espécies (ver Quadro 6.1.2, abaixo). Constata-se que 56,02% das espécies registradas nas comunidades campestres das EAs examinadas fazem parte destas cinco famílias botânicas. Outros trabalhos desenvolvidos em diferentes locais do sul do Brasil igualmente ressaltam a importância florística e fitossociológica destas cinco famílias na caracterização das comunidades campestres nativas (Girardi-Deiro et al., 1992; Caporal e Boldrini, 2007; Setubal e Boldrini, 2010; Silva et al., 2016, entre outros). No entanto, é oportuno destacar

também que várias famílias são representadas por um ou duas espécies somente.

Quadro 6.1.2 **-** Riqueza de espécies (RE) de Angiospermas por família nas seis EAs.

RE	**Família (s)**
37	Asteraceae
34	Poaceae
12	Cyperaceae
10	Fabaceae, Rubiaceae
6	Apiaceae, Oxalidaceae
5	Plantaginaceae
4	Amaranthaceae, Iridaceae, Lamiaceae, Malvaceae
3	Caryophyllaceae, Verbenaceae, Indet.
2	Convolvulaceae, Lythraceae, Orobanchaceae, Polygonaceae, Urticaceae
1	Brassicaceae, Hypoxidaceae, Linaceae, Moraceae, Myrtaceae, Polygalaceae, Primulaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae

No Quadro 6.1.3, são expostos os resultados de riqueza de espécies nas seis EAs, considerando as quatro campanhas. Na figura 6.1.9, é mostrada uma comparação entre os valores de riqueza média de espécies, nos biênios 2013-2014, 2-14-2015 e 2016-2017, para todas EAs. Constata-se que as EAs 1 (estação de referência), 3 e 4 exibem os valores mais altos e as EAs 2 e 6 os valores mais baixos.

Quadro 6.1.3 **-** Riqueza de espécies nas seis EAs. 1ª campanha (nov/2016), 2ª campanha (jan/2017), 3ª campanha (abril/2017), 4ª campanha (agos/2017).

EA	**1ª camp,**	**2ª camp.**	**3ª camp.**	**4ª camp.**	**Riqueza média**
EA1	63	43	48	51	51,25
EA2	50	35	31	31	36,75
EA3	69	42	43	62	54,00
EA4	55	37	44	57	48,25
EA5	58	34	35	43	42,50
EA6	23	35	32	39	32,25

A comparação entre os valores de Riqueza Média das diferentes EAs, nos anos de 2013-2014; 2014-2015 e 2016-2017 pode ser vista na figura abaixo.

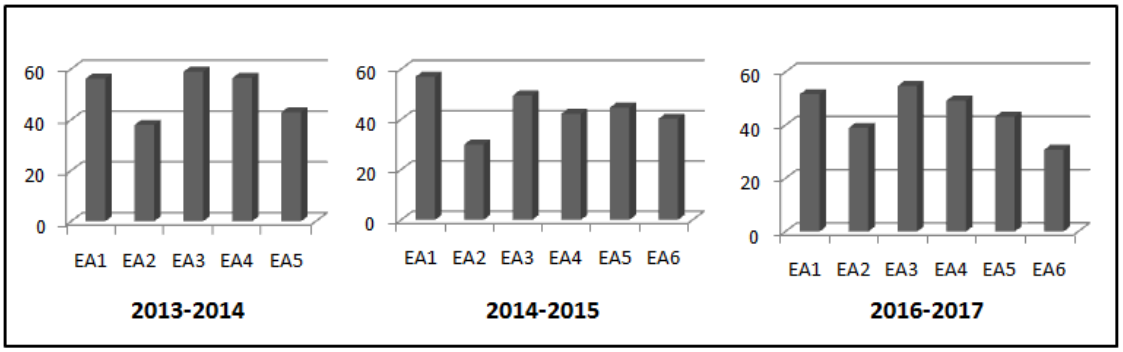


Figura 6.1.9 - Comparação entre os valores de riqueza média, para cada EA, entre os anos de 2013-2014, 2014-2015 e 2016-2017.

A presença numérica das Asteraceae (herbáceas e lenhosas) é apresentada no Quadro 6.1.4. A ocorrência expressiva de Asteraceae lenhosas (subarbustivas e arbustivas) é um indicativo florístico e fisionômico da transição (processo de sucessão vegetal) de um campo baixo para um campo alto ou arbustivo (capoeira). Na EA1 evidencia-se a menor quantidade de espécies lenhosas, em comparação com as demais EAs.

Quadro 6.1.4 **-** Quantidade de espécies Asteraceae herbáceas e lenhosas nas diferentes EAs.

Asteraceae	**EA1**	**EA2**	**EA3**	**EA4**	**EA5**	**EA6**
Herbácea	17	5	12	13	7	7
Lenhosa	5	13	11	9	9	7

Análise estatística

A Análise de Variância mostrou uma diferença significativa entre as EAs em relação ao índice de diversidade de Simpson. Tal diferença ocorreu nas duas campanhas amostrais (P=0.0001 em ambas), porém nem todos os contrastes entre EAs se mostraram significativos.

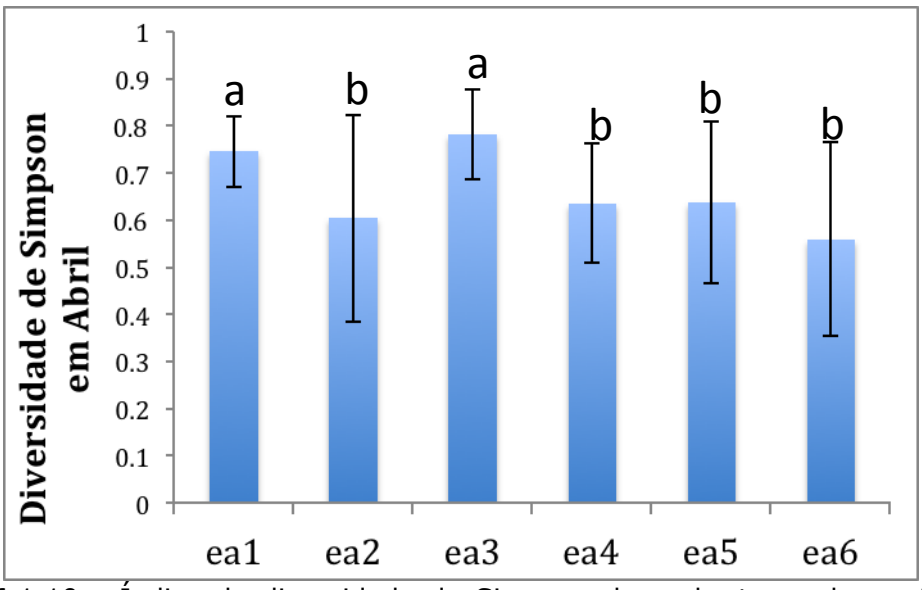


Figura 6.1.10 - Índice de diversidade de Simpson das coberturas de espécies de plantas nos quadros das diferentes EAs na campanha realizada no mês de abril de 2017. As diferentes letras indicam contrastes significativos, enquanto que a mesma letra indica que não houve diferença significativa entre as EAs.

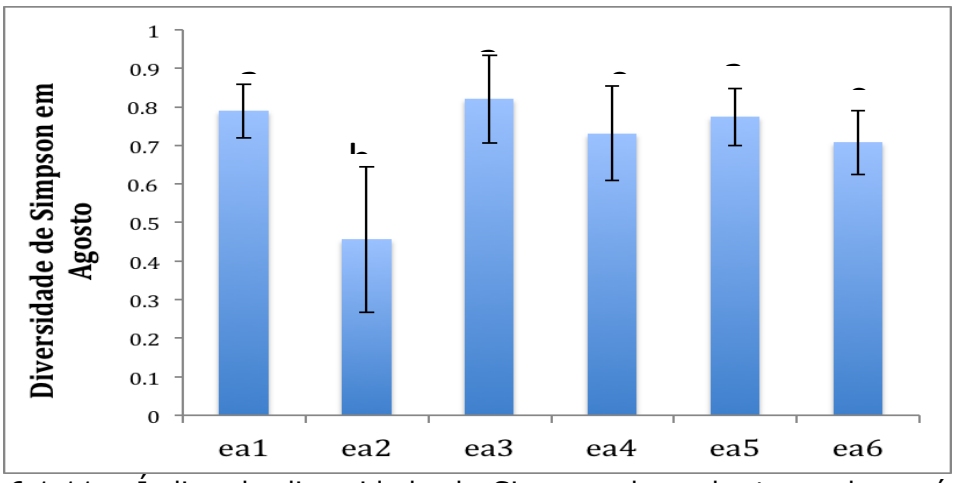


Figura 6.1.11 - Índice de diversidade de Simpson das coberturas de espécies de plantas nos quadros das diferentes EAs na campanha realizada no mês de agosto de 2017. As diferentes letras indicam contrastes significativos, enquanto que a mesma letra indica que não houve diferença significativa entre as EAs.

Os resultados de diversidade de Simpson foram similares em ambas as campanhas amostrais. Houve algumas diferenças entre as estações, destacando-se tendências de EA1 e EA3 de apresentarem os maiores níveis de diversidade nas duas campanhas (Figuras 6.1.10 e 6.1.11). Enquanto que EA2 apresentou os índices mais baixos durante a campanha de agosto (Figura 6.1.11). As demais estações apresentaram valores intermediários e variáveis, por exemplo, a EA5 que apresentou valores mais baixos em abril, mas em agosto obteve níveis de diversidade bastante altos, assemelhando-se a EA1 e EA3, as estações mais diversas.

A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) apresentou uma explicação de 66,11% da variação dos dados nos dois primeiros eixos. Através da ordenação é possível perceber as EAs que mais se assemelham e se diferenciam entre si baseado na distância em que elas estão representadas no gráfico. Além disso, estão também indicadas as espécies mais correlacionadas com os eixos.

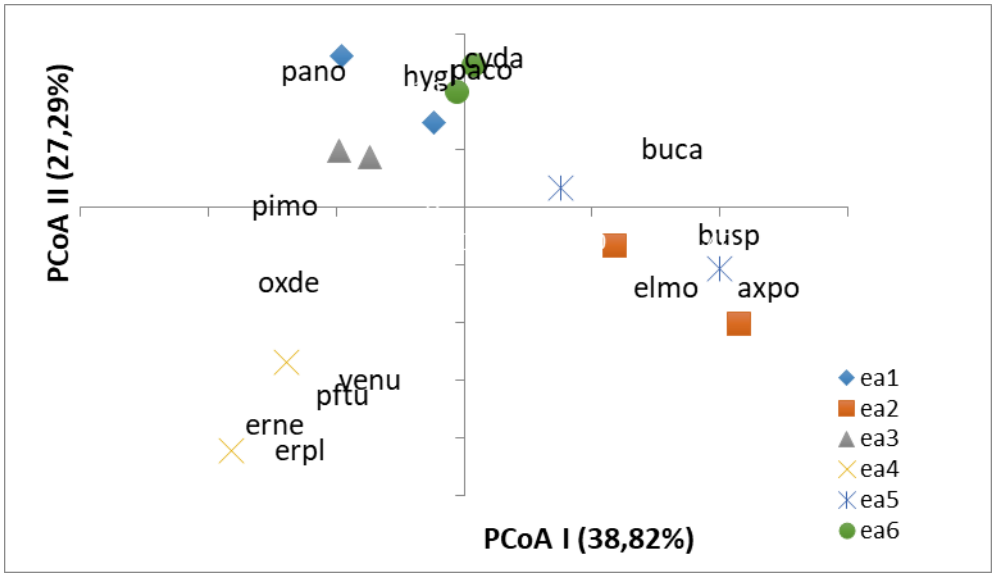


Figura 6.1.12 - Análise de Coordenadas principais das médias de coberturas de plantas nas EAs nas duas campanhas amostrais. Cada ponto representa uma EA amostrada. As espécies mais relacionadas com os eixos da ordenação também estão plotadas com os códigos paco: *Paspalum conjugatum*, pano: *Paspalum notatum*, cyda: *Cynodon dactylon*, hygl: *Hypochaeris glabra*, buca: *Bulbostylis capillaris*, pimo: *Piptochaetium montevidense*, busp: *Bulbostylis sp.*, oxde: *Oxalis debilis*, elmo: *Elephantopus mollis*, axpo: *Axonopus pottii*, pftu: *Pfaffia tuberosa*, venu: *Vernonia nudiflora*, erne: *Eragrostis neesii*, erpl: *Eragrostis plana*.

Através da ordenação é possível perceber que a EA4 é a que mais se diferencia das demais, estando negativamente correlacionada com os dois eixos. As espécies mais representativas da EA4 são *Eragrostis neesii*, *Pfaffia tuberosa Vernonia nudiflora* e a importante invasora do Bioma Pampa: *Eragrostis plana*, também conhecida como capim-anoni II. Positivamente relacionadas com o eixo PCoA II e negativamente com PCoA I, as estações EA1, EA3 e EA6 apresentaram-se bastante similares em termos de composição de espécies. Destacando-se nessas parcelas: *Paspalum conjugatum, Paspalum notatum, Hypochaeris glabra,* e a exótica *Cynodon dactylon*. Outras estações que também foram bastante similares entre si, foram EA2 e EA5, positivamente relacionadas com o eixo PCoA I. As espécies mais representativas dessas estações foram *Bulbostylis sp. Axonopus pottii e Elephantopus mollis.* As estações EA2 e EA5 foram também as que mais variaram em termos de composição de espécies, entre as campanhas amostrais, percebe-se que os pontos representando tais estações estão bastante distantes entre si. Comparativamente, a estação que menos variou entre as campanhas foi a EA3, que apresentou pontos muito próximos entre si no gráfico de ordenação.

Considerações

A **EA1** manteve a riqueza de espécies relativamente alta, este fato refletiu, mais uma vez, no valor de qualidade ambiental. Nessa propriedade, a pecuária intensiva de bovinos e ovinos beneficia as espécies vegetais prostradas, mantendo campo predominantemente baixo e com pouca biomassa acumulada (ver Figuras 6.1.14 e 6.1.15). Algumas espécies lenhosas arbustivas estão presentes (Quadro 6.1.5), distribuindo-se de maneira esparsa.

Na **EA2** (Fazenda Três Lagoas), a área onde era executada tradicionalmente uma atividade de pecuária extensiva (ver Figura 6.1.27), foi convertida em monocultura de soja, com aplicação de herbicida (Glifosato) em novembro de 2016 (ver Figuras 6.1.28 e 6.1.29), com posterior mecanização do solo e

plantio da oleaginosa (ver Figura 6.1.30). Por este motivo a área amostral inicial foi realocada para um local próximo (ver Figura 6.1.31).

Na **EA3** (Fazenda Candiota) verifica-se um longo período de exclusão de pastejo, com a interrupção da atividade pecuária. Por este motivo constata-se a coexistência de elementos típicos de campo alto (ou de capoeira) com representantes subarbustivos da família Asteraceae (como *Baccharis dracunculifolia*, *Eupatorium buniifolium* e *Senecio brasiliensis*, por exemplo) e espécies de campo baixo, especialmente representantes da família Poaceae, como *Axonopus affinis* e *Paspalum notatum*, entre outros (ver Figuras 6.1.38 e 6.1.39). A cobertura do solo na comunidade vegetal examinada é de 70-80%. Localmente o processo de sucessão vegetal tranforma lentamente a fisionomia campestre em uma fisionomia arbustiva e, futuramente arbórea. A presença de diversas espécies arbustivas é ilustrada no Quadro 6.1.4.

Na **EA4** constatam-se, novamente, uma diminuição da riqueza de espécies. Nessa propriedade, a atividade pecuária é bastante extensiva, propiciando a ocorrência de um número relativamente grande de espécies lenhosas arbustivas (ver Quadro 6.1.4). O avanço vigoroso de *Eragrostis plana* (ver Figuras 6.1.42 a 6.1.44) já provoca consequências na abundância de espécies e na composição florística do local, pois sua elevada cobertura solo reduz a incidência de luz no estrato inferior, impedindo a ocorrência de espécies herbáceas prostradas e heliófilas.

Na **EA5**, uma área localizada nas proximidades de um sítio de mineração de calcário, permaneceu com um valor de qualidade ambiental relativamente elevado, o que se deve mais à redução ocorrida em outras EAs do que a um aumento expressivo na sua riqueza de espécies. Nessa propriedade, é praticada uma pecuária intensiva (bovinos e equinos), fazendo com que o padrão vegetacional do campo seja baixo com pouca biomassa acumulada (ver Figuras 6.1.47 e 6.1.48). Paralelamente, verifica-se a presença algumas espécies lenhosas arbustivas (Quadro 6.1.4) e as primeiras manifestações da invasão por *Eragrostis plana*.

A **EA6** manteve valores relativamente baixos de riqueza de espécies. Na área amostrada verificou-se uma lenta retomada da exploração pecuária, ainda extensiva, refletindo-se na ocorrência de muitas espécies lenhosas arbustivas (Quadro 6.1.4). A espécie dominante é a exótica *Cynodon dactylon*, que, por seu alto grau de cobertura do solo (ver Figuras 6.1.50 e 6.1.51), impede o surgimento e o desenvolvimento de espécies herbáceas mais heliófilas. A infestação inicial de *Eragrostis plana* já pode ser constatada.

Espécies ameaçadas

A presença de espécies ameaçadas de extinção ou classificadas como pouco estudadas ou com deficiência de dados, foi verificada através da comparação entre a lista de registro de espécies amostradas nas diferentes estações amostrais e ao longo de diferentes campanhas, com a Lista Oficial da Flora ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul, conforme regulamentado no Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014, que declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2014).

Entre os resultados obtidos cabe destacar a ausência de registro de ocorrência de *Chaptalia arechavaletae*, classificada como **Em Perigo – EN**, na lista oficial da flora ameaçada de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. A espécie já havia sido registrada na **EA1** (Serra do Veleda, Pinheiro Machado, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 262.170m E; 6.502.425m N); na **EA3** (Fazenda Candiota, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 240.375m E; 6.508.270m N); na **EA4** (Chácara Santa Clara, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 247.770m E; 6.508.180m N) e na **EA5** (Fazenda Santa Rita, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 248.900m E; 6.503.980m N). A ocorrência da espécie em anos anteriores sempre foi registrada com frequência e abundância baixíssimas. A ausência de *Chaptalia arechavaleta,* nas campanhas de 2016-2017, exige uma atenção redobrada em relação a sua identificação nas campanhas de 2017-2018.

A espécie *Pfaffia gnaphaloides* (L.f.) Mart. (Amarantaeae), com registros de ocorrência nas **EA1** (Serra do Veleda, Pinheiro Machado, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 262.170m E; 6.502.425m N) e **EA5** (Fazenda Santa Rita, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 248.900m E; 6.503.980m N), é classificada na categoria **Quase Ameaçada –NT**, no anexo III da Lista Oficial da Flora ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014.



Figura 6.1.13 **-** *Pfaffia gnaphaloides,* Fotografia de Rosângela G. Rolin, *in* Flora Digital do Rio Grande do Sul e Santa Catarina – UFRGS.

Espécies exóticas e invasoras

Espécie exótica ou planta exótica são sinonímias de planta introduzida que, de acordo com Schneider (2007) ocorre em determinado local em decorrência de introdução intencional ou acidental. Segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica, espécie exótica é toda espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural, isto é, que não é originária de um determinado local.

A comparação entre a lista de espécies encontradas na diferentes EAs com a listagem publicada em: "A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas" (Schneider, 2007) permitiu

identificar as espécies exóticas com ocorrência no âmbito do presente projeto de monitoramento (ver Quadro 6.1.5, abaixo).

Quadro 6.1.5 - Espécies exóticas encontradas no âmbito do presente projeto de monitoramento.

Família	Espécie	Origem geográfica
Asteraceae	*Cirsium vulgare*	Eurásia
Asteraceae	*Hypochaeris glabra*	Europa
Asteraceae	*Hypocharis radicata*	Europa
Brassicaceae	*Lepidium aletes*	Eurásia
Caryophylaceae	*Cerastium glomeratum*	Europa
Fabaceae	*Medicago plana*	Europa
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis*	Europa
Poaceae	*Briza minor*	Eurásia
Poaceae	*Cynodon dactylon*	África, Eurásia
Poaceae	*Eragrostis plana*	África
Poaceae	*Poa annua*	Europa
Poaceae	*Vulpia bromoides*	Europa
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius*	Europa
Primulaceae	*Centunculus minimus*	Europa
Scrophulariaceae	*Veronica arvensis*	Europa
Urticaceae	*Urtica urens*	Europa

Espécie Invasora é definida como uma espécie exótica que prolifera sem controle, produzindo descendentes em número muito elevado e que conseguem se dispersar a grandes distâncias da planta mãe. Representam importante ameaça para espécies nativas e para o equilíbrio dos ecossistemas que passam a ocupar, A invasão biológica é considerada uma das mais importantes causas de perda de biodiversidade.

Entre as espécies invasoras constatadas nas EAs inventariadas, merece destaque o capim-annoni (*Eragrostis plana*), uma gramínea sul-africana, introduzida acidentalmente no Rio Grande do Sul na década de 1950. Em razão da sua plasticidade ecológica, expressiva produção de sementes e alta capacidade de dispersão, possui um elevado potencial de colonizar e se estabelecer em uma ampla variedade de condições ambientais (Medeiros e Focht, 2007). Os prejuízos econômicos e sociais e as consequências ecológicas da degradação dos campos nativos, resultantes da invasão pelo capim-annoni são amplamente conhecidos. Neste sentido, chama a atenção, a elevada densidade registrada para a espécie na estação amostral "Chácara Santa Clara" (coordenadas UTM, fuso 22J: 247.770m E; 6.508.180m N), conforme pode ser percebido na Figura 15. Ressalta-se

também que a presença da espécie foi registrada em outras quatro estações amostrais: Fazenda Amor-de-mãe; Fazenda Três Lagoas; Fazenda Candiota e Fazenda Santa Rita. Apenas na EA1 ainda não foi verificada a presença desta espécie.

Qualidade ambiental das EAs

Com o objetivo de estabelecer um ranking de qualidade ambiental para as diferentes EAs foi criada uma matriz, de modo a ponderar um conjunto de fatores que expressem simultaneamente a riqueza e a composição florística avaliada; a presença de espécies exóticas invasoras (um fator de degradação da qualidade e descaracterização das formações campestres nativas); a presença de espécies lenhosas/arbustivas (um indicador da ocorrência do processo successional vegetal, com a transformação gradual de formação campestre em uma formação arbustiva/arbórea) e do tipo de manejo empregado na EA (pressão de pastejo, introdução de espécies forrageiras, roçadas, fogo, mecanização do solo, uso de herbicidas e conversão em monocultura).

O fator considerado positivo foi a riqueza/composição florística, que recebeu uma valoração de 1 a 5, sendo 5 o valor para a melhor qualidade ambiental.

Os fatores considerados negativos (presença de espécies invasoras, manejo inadequado e presença de espécies lenhosas/arbustivas receberam também uma valoração de 1 a 5, porém, aqui o valor 5 corresponde a pior situação do ponto de vista da qualidade ambiental e o valor 1 a melhor.

O somatório da pontuação atribuída a cada um dos fatores para cada EA corresponde ao ranking de qualidade ambiental das EAs, ou seja, quanto maior a pontuação atribuída a uma EA, melhor a sua qualidade ambiental em relação às outras EAs avaliadas. Embora a sistemática aqui empregada envolva alguma subjetividade quando da atribuição da pontuação de cada fator para cada EA, ela traz também, uma possibilidade de síntese de um amplo espectro de percepções e interferências, assimiladas pelos

profissionais que subscrevem o monitoramento da vegetação campestre, ao longo dos anos de desenvolvimento do presente estudo.

Quadro 6.1.6 - Valoração atribída a cada EA segundo os fatores ponderados: riqueza de espécies; presença de espécies exóticas; presença de espécies lenhosas/arbustivas e Tipo de manejo.

Fator	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Riqueza de espécies	5	2	3	4	3	1
Presença de espécies invasoras	5	2	2	1	4	2
Presença de espécies lenhosas/arbustivas	5	1	1	3	3	4
Tipo de manejo/ ação humana	2	1	3	3	2	3
Somatório	**17**	**6**	**9**	**11**	**12**	**10**

O somatório de pontos atribuídos a cada EA permitiu classificar as EAs, com valores em um intervalo de 1 a 6, em ordem crescente segundo o grau de qualidade ambiental.

Quadro 6.1.7 - Qualidade ambiental atribuída a cada EA.

Qualidade ambiental (em ordem crescente)	Estação amostral	Nome
1	EA2	Fazenda Três Lagoas
2	EA3	Fazenda Candiota
3	EA6	Fazenda Amor de Mãe
4	EA4	Fazenda Santa Clara
5	EA5	Chácara Santa Rita
6	EA1	Serra do Veleda

Conclusões

No conjunto das estações amostrais avaliado no presente monitoramento, destacam-se cinco fatores atuando sobre as comunidades campestres, que, aliados às condições e aos fatores naturais do ambiente, têm efeitos diretos sobre a sua estrutura e composição florística.

O primeiro destes fatores é a atividade humana direta, onde a pressão de pastejo, determinada pela carga animal e imposta ao campo, e a modalidade de pecuária desenvolvida (bovina, ovina, equina ou mista) e a

sua intensidade (se intensiva ou extensiva) constituem os principais vetores dessas ações transformadoras.

O segundo fator está relacionado indiretamente à pecuária e diz respeito às práticas culturais nela aplicadas, como a execução de roçadas mecânicas (corte baixo da vegetação) e a introdução de espécies forrageiras.

O terceiro fator está relacionado diretamente à ausência de atividade pecuária (exclusão de pastejo) e o consequente estabelecimento do processo de sucessão vegetal, com modificações florísticas e fisionômicas, passando gradualmente da situação herbácea para a herbáceo-arbustiva, a arbustiva e até mesmo a arbórea.

O quarto fator refere-se à presença e propagação rápida de espécies vegetais invasoras, destacando-se o capim-Annoni (*Eragrostis plana*, Poaceae), cujo estabelecimento tem repercussões negativas (econômicas e ecológicas), já amplamente conhecidas e relatadas na literatura especializada.

O quinto fator é relativamente recente na região. A entrada da monocultura da soja, com a transformação da área, anteriormente utilizada na pecuária extensiva, para a monocultura da soja, já é um processo em evidência e amplamente percebido na paisagem regional. A monocultura da soja, com a de herbicidas em larga escala, torna o retorno à pecuária tradicional um processo praticamente irreversível. Abandona-se assim um modo secular de exploração sustentável dos campos nativos.

Considerações Finais

No contexto atual, não é possível vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela UTE/CGTEE na região, às mudanças na composição (e riqueza) florística das comunidades campestres sob monitoramento. Contudo, isso não descarta a possibilidade de efeitos funcionais e estruturais sobre as plantas individualmente, níveis de organização que, no entanto, não constituem o propósito do presente estudo. Por outro lado, o

conjunto de descritores de qualidade ambiental que vem sendo gerado nos últimos anos de monitoramento, através dos diferentes estudos realizados nos compartimentos terrestre e aquático, poderá possibilitar a detecção de futuras alterações nesses descritores, estejam eles relacionados diretamente ou não à geração térmica de energia elétrica.

É importante destacar que uma avaliação dos fatores que podem estar agindo sobre as alterações na qualidade ambiental regional, não pode prescindir de uma análise/monitoramento das atividades desenvolvidas pelo conjunto de atores sociais atuantes na região. Outras atividades como: mineração de carvão; mineração de calcário; indústria cimenteira; monocultura da soja; vitivinicultura; olivicultura, assentamentos rurais (INCRA), saneamento urbano e gestão de resíduos sólidos podem estar gerando efeitos cumulativos e sinergéticos importantes.

Paralelamente, seria desejável uma integração entre as políticas federais (IBAMA) e estaduais (FEPAM) de licenciamento, fiscalização e monitoramento. O licenciamento pontual e estratificado (no isolamento das diferentes esferas administrativas) em relação às diversas atividades desenvolvidas na região desconsidera possíveis efeitos cumulativos e sinergéticos destas atividades. Neste sentido, uma participação mais direta do Ministério Público (federal e estadual) neste processo, poderia desempenhar um papel protagonista na defesa dos direitos coletivos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida.

Por fim, a gestão territorial em nível de bacia hidrográfica ou de unidades de paisagem pode proporcionar tal integração, como por exemplo, na elaboração de uma matriz única de monitoramento, compartilhando entre todos os agentes sociais os custos e benefícios deste monitoramento, evitando possíveis sobreposições ou redundância de estudos, reduzindo lacunas e, sobretudo, universalizando o acesso às informações sobre a qualidade ambiental regional.

Relatório Fotográfico

EA1 - Estação de Amostragem nº 1- Serra do Veleda



Figura 6.1.14 **-** Vista geral da EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.15 **-** Vista de uma das parcelas na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.16 **-** *Evolvulus sericeus* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.17 - Flor de *Evolvulus sericeus* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.18 - *Nierembergia riograndensis* na EA1, Fazenda Serra do



Figura 6.1.19 **-** Flor de *Nierembergia riograndensis* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.20 - *Kraprovickasia urticifolia* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.21 - Fabaceae na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.22 **-** *Oxalis bipartita* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.23 - *Oxalis bipartita* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.24 - *Soliva anthelmifolia e Hipochaeris* sp. na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.25 - *Eryngium sanguisorba* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.



Figura 6.1.26 - *Eryngium horridum* na EA1, Fazenda Serra do Veleda.

EA2 - Estação de Amostragem nº 2- Fazenda Três Lagoas



Figura 6.1.27 - Vista geral da EA2, Fazenda Três Lagoas, antes do plantio da soja.



Figura 6.1.28 - Vista geral da EA2, Fazenda Três Lagoas, mostrando na drástica alteração do campo nativo por aplicação de herbicida (Glifosato), visando o plantio de soja.



Figura 6.1.29 - Detalhe da vegetação após aplicação de herbicida.



Figura 6.1.30 - Vista geral da EA2, Fazenda Três Lagoas, plantio de soja em estado avançado.



Figura 6.1.31 - Vista geral da nova transecção de amostragem na EA2, Fazenda Três Lagoas.



Figura 6.1.32 - Detalhe de uma parcela na EA2, Fazenda Três Lagoas.



Figura 6.1.33 - *Sysirinchium micranthum* na EA2, Fazenda Três Lagoas.



Figura 6.1.34 - *Mendicago arabica* (espécie exótica) na EA2, Fazenda Três Lagoas.



Figura 6.1.35 - *Plantago* sp.na EA2, Fazenda Três Lagoas.



Figura 6.1.36 - *Oxalis* sp. na EA2, Fazenda Três Lagoas.



Figura 6.1.37 - *Centunculus minimus* (espécie exótica) na EA2, Fazenda Três Lagoas.

EA3 - Estação de Amostragem nº 3- Fazenda Candiota



Figura 6.1.38 - Vista geral da EA3, Fazenda Candiota.



Figura 6.1.39 - Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA3, Fazenda Candiota.



Figura 6.1.40 - *Aspilia setosa* na EA3, Fazenda Candiota.



Figura 6.1.41 - *Cuphea* sp. na EA3, Fazenda Candiota.

EA4 - Estação de Amostragem nº 4- Fazenda Santa Clara



Figura 6.1.42 - Vista geral da EA4, Chácara Santa Clara, mostrando a infestação severa por *Eragrostis plana.*



Figura 6.1.43 - Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA4, Chácara Santa Clara, mostrando a infestação severa por *Eragrostis plana.*



Figura 6.1.44 - Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA4, Chácara Santa Clara, mostrando a infestação severa por *Eragrostis plana.*



Figura 6.1.45 - *Ophioglossum crotalophoroides* na EA4, Chácara Santa Clara.



Figura 6.1.46 - *Phaffia gnafalioides* **na** EA4, Chácara Santa Clara.

EA5 - Estação de Amostragem nº 5- Fazenda Santa Rita



Figura 6.1.47 - Vista geral da EA5, Fazenda Santa Rita.



Figura 6.1.48 - Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA5, Fazenda Santa Rita.



Figura 6.1.49 - *Oxalis debilis* na EA5, Fazenda Santa Rita.

EA6 - Estação de Amostragem nº 1- Fazenda Amor-de-Mãe



Figura 6.1.50 - Vista geral da EA6, Fazenda Amor-de-Mãe.



Figura 6.1.51 - Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA6, Fazenda Amor-de-Mãe.



Figura 6.1.52 - *Cyperus* sp. na EA6, Fazenda Amor-de-Mãe.

Mapeamento da Cobertura Vegetal

Metodologia

O Mapa de Cobertura Vegetal foi elaborado a partir do processamento de imagens de sensoriamento remoto. Foram utilizadas imagens com datas entre 2009 e 2015. As imagens de satélite foram obtidas junto ao *software* Google Eath Pro georreferenciadas no sistema de projeção UTM e *datum* WGS89, posteriormente, tais imagens foram reprojetadas para o *datum* SAD69, através de rotina disponível no *software* IDRISI (Clark University, 2002).

A interpretação, identificação e quantificação dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo, foram realizadas com o auxílio dos *softwares* IDRISI e Carta Linx.

Para extrair as informações dos produtos de sensoriamento remoto empregaram-se técnicas de interpretação visual, baseadas em elementos usuais, tais como brilho, cor, textura, forma, tamanho, contexto e padrão (Lillesand & Kiefer 2000). Paralelamente, a realização de verificações a campo permitiu o estabelecimento das principais classes de mapeamento, o reconhecimento das fisionomias vegetais existentes, estágios de sucessão ecológica, de sua distribuição em conformidade com o relevo, com os solos e regime hidrológico associado, bem como de seu posicionamento em relação às demais modalidades de uso da terra a compor a paisagem existente na área de estudo. Os trabalhos a campo permitiram, ainda, dirimir possíveis dúvidas surgidas quando da interpretação da imagem oriunda do sensoriamento remoto e confirmar a classificação atribuída a cada classe. Os resultados são apresentados na forma de um mapa temático o Mapa de Cobertura Vegetal, Mapa (único).

O compartimento Flora é da responsabilidade técnica dos Biólogos Paulo Luiz de Oliveira e Rogério Both.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) **3286.4333** / **3286.4343** : E-mail: **fle@fle.org.br**

Referências Bibliográficas

Caporal, F. J. M. e Boldrini, I. I. 2007. Florística e fitossociologia de um campo manejado na serra do sudeste, Rio Grande do Sul. **R. Bras. Bioc.**, v. 5, n. 2-3, 37-44.

CLARK LABS. **Cartalinx: The spatial data builder**. Worcester: Clark University. 1998.

CLARK UNIVERSITY. **IDRISI Kilimanjaro.** Worcester: Clark University. 2002.

Girardi-Deiro, A. M., Gonçalves, J. O. N. e Gonzaga, S. S. 1992. Campos naturais ocorrentes nos diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS: fisionomia e composição florística. **Iheringia**, Sér. Bot. 42: 55-79.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T.a. T. e Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Paleontol. Electron.** 4 (1), 1-9 (doi: 101016/j.bcp. 2008.05.025).

LILLESAND, T.M; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image interpretation**. John Wiley & Sons, New York. 2000.

Medeiros, R.B. de e Focht, T. 2007. Invasão, prevenção e utilização do capim-anoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesq. Agrop. Gaúcha** 13, (1-2): 105-114.

Pillar, V. D. 1997. Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling. **Coenoses** 12, 145-148.

Rio Grande do Sul, 2014. Lista Oficial da Flora ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014.**

Setubal, R. B. e Boldrini, I. I. 2010. Floristic and characterization of grassland vegetation at a granitic hill in Southern Brazil. **R. Bras. Bioc.**, v. 8, n. 1, 85-111.

Silva, A. R., de Andrade, A. L. P., Velazco, S. E., Galvão, F. e do Carmo, M. R. B. 2016. Florística e fitossociologia em três diferentes fitofisionomias campestres no Sul do Brasil. **Hoehnea**, 43 (3): 325-347.

Schneider, A. A. 2007. A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas. **Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, 257-268.

Simpson, E. H. 1949. Measurement of Diversity. **Nature** 163, 688-688. (doi: 10.1038/163688a0).

6.2 MONITORAMENTO DA AVIFAUNA

Estudos de populações de aves como indicadores de alterações ambientais têm sido amplamente utilizados. Existem muitos fatores que favorecem a utilização da avifauna para a determinação da qualidade de seus ambientes: as aves estão presentes em todos os biomas, ocupando uma grande diversidade de nichos ecológicos, apresentam comportamento relativamente conspícuo, o que permite a identificação em campo sem a necessidade de captura, além de serem bem conhecidas do ponto de vista taxonômico (Graber & Graber,1976; Vielliard *et al*., 2010).

Este relatório contém os resultados das quatro campanhas de amostragem realizadas entre novembro de 2016 e julho de 2017, apresentando informações sobre a composição, distribuição espaço-temporal e abundância de aves registrada na área de influência da Usina Termoelétrica Presidente Médici (UTEPM), situada no município de Candiota, RS, avaliando possíveis impactos do empreendimento à avifauna.

As campanhas foram realizadas entre os dias 18 e 21 de novembro de 2016, 21, 22, 28 e 29 de janeiro de 2017, 21 e 24 de abril de 2017 e 21 e 24 de julho de 2017.

Metodologia

Foram realizadas contagens de aves através de pontos e transectos. Estas metodologias foram intercaladas dependendo das características ambientais de cada EA, com o objetivo principal de manter uma distância mínima de 200 m entre contagens de uma mesma metodologia, evitando-se contagens duplas de um mesmo indivíduo (Blondel *et al*., 1981). Quatro pontos e dois transectos foram utilizados em cada EA para as contagens.

Toda ave ouvida ou vista durante as contagens foi considerada como um contato (Ralph, 1981; Ralph *et al.*, 1995; Aleixo & Vielliard, 1995).

Considera-se como contato uma ave isolada ou indivíduos registrados em pares, em grupos familiares ou em bandos, independentemente do número

real de indivíduos presentes. Desta forma, evita-se que espécies mais conspícuas em razão do hábito gregário tenham seu tamanho populacional superestimado em relação à quantidade de amostras obtidas (Vielliard, 2000). Os métodos gerais dos pontos de contagem estiveram de acordo com Bibby *et al.* (1993). As contagens em cada ponto tiveram duração de 10 minutos.

A abundância relativa de cada espécie foi obtida através da divisão do número de contatos pelo número total de pontos realizados em cada estação amostral. O resultado obtido é expresso como um Índice Pontual de Abundância – IPA (Vielliard, 2000; Anjos, 2001), que poderá ser comparado entre as diferentes amostragens.

O método por transectos consiste de caminhadas lentas por distintos ambientes, podendo incluir campos secos, campos úmidos, pastagens, cultivos, plantações de eucalipto, bordas de capões, matas ciliares e áreas alagadas. Cada transecto teve duração de 30 minutos e, assim como no método anterior, toda ave vista ou ouvida foi considerada como um contato.

A abundância relativa de cada espécie foi obtida através da divisão do número de contatos pelo número de transectos realizados em cada estação amostral, chegando-se a um índice de abundância nos transectos (IAT).

Tanto os pontos como os transectos não tiveram delimitação de raio de contagem, sendo a abrangência dos mesmos limitada pela capacidade auditiva do amostrador. As contagens tiveram início 15 minutos após o nascer do sol e se estenderam por até quatros horas. O esforço dedicado nas duas metodologias descritas acima foi suficiente para cobrir toda a área das propriedades onde estão inseridas as estações amostrais.

Os nomes científicos e a sequência taxonômica das espécies de aves seguiram o proposto pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO (Piacentini *et al*., 2015). Os nomes populares das espécies de aves estão de acordo com Bencke *et al*. (2010).

Utilizou-se, para avaliar a similaridade entre as áreas, uma análise de agrupamento calculada a partir da matriz de dados de abundância relativa das espécies nos transectos. Para essa análise, considerou-se a maior abundância obtida para cada espécie em cada EA ao longo do ano. Foi utilizada como medida de similaridade a distância euclideana e o método de ligação por UPGMA.

Comparou-se a diversidade entre as EA através do índice de Simpson (1-D). A partir dos valores de diversidade das áreas em cada campanha de amostragem foi realizada uma Anova para verificar se haveria diferença significativa na diversidade entre as áreas.

Para as análises acima foi utilizado o programa Past v 1.21 (Hammer *et al*., 2008).

Biodiversidade: Resultados e Considerações

Foram registradas 150 espécies de aves nas quatro campanhas realizadas entre novembro de 2016 e julho de 2017. Oito novas espécies foram adicionadas à listagem no período: biguatinga (*Anhinga anhinga*), savacu (*Nycticorax nycticorax*), saracura-sanã (*Pardirallus nigricans*), batuíra-de-papo-ferrugíneo (*Oreopholus ruficollis*), tapaculo-ferreirinho (*Scytalopus pachecoi*), arapaçu-do-espinilho (*Drymornis bridgesii*), petrim (*Synallaxis frontalis*) e gralha-picaça (*Cyanocorax chrysops*). Considerando as campanhas realizadas desde 2007, quando teve início o monitoramento, o total acumulado chega a 198 espécies para a área de influência da UTE Presidente Médici (Anexo 6.2.1), o que representa 29,95% do total de espécies de aves registradas para o Rio Grande do Sul (Bencke *et al*., 2010).

Belton (1994) cita para a região de Candiota 197 espécies, valor oriundo dos trabalhos realizados por esse pesquisador na década de 70, anterior à construção da UTE de Candiota. Salienta-se, entretanto, que Belton (1994) utilizou amostragem qualitativa, sem restrições de áreas e ambientes,

resultando numa riqueza maior. Diferentemente, o presente estudo utilizou amostragens quantitativas e com restrições de áreas.

Das 150 espécies registradas ao longo desse último ano de amostragem, 28,0% (42 espécies) estiveram presentes em uma única EA; 20,67% (31 espécies) em duas EA; 13,33% (20 espécies) em três EA; 15,33% (23 espécies) em quatro EA; e 22,67% (34 espécies) em cinco EA (Quadro 6.2.1).

Quadro 6.2.1 - Ocorrência das espécies de aves nas cinco EA no período entre novembro de 2016 e julho de 2017.

Família	Nome científico	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Rheidae	*Rhea americana*	1	1			
Tinamidae	*Crypturellus obsoletus*	1				
	Rhynchotus rufescens		1	1		1
	Nothura maculosa	1	1		1	1
Anhimidae	*Chauna torquata*		1	1		1
Anatidae	*Amazonetta brasiliensis*		1	1		1
	Anas georgica	1	1			
	Anas versicolor		1			
Cracidae	*Penelope obscura*					1
Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*					1
Ciconiidae	*Mycteria americana*					1
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*		1			1
Anhingidae	*Anhinga anhinga*					1
Ardeidae	*Tigrisoma lineatum*	1				1
	Ardea alba		1			1
	Syrigma sibilatrix		1			1
	Egretta thula	1				
	Butorides striatus		1			
	Nycticorax nycticorax		1			
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*		1			1
	Theristicus caerulescens		1	1	1	
	Theristicus caudatus	1	1	1	1	1
	Platalea ajaja		1			1
Cathartidae	*Cathartes aura*	1	1	1	1	
	Cathartes burrovianus			1		
	Coragyps atratus	1		1	1	
Accipitridae	*Heterospizias meridionalis*		1		1	
	Rupornis magnirostris	1	1	1	1	1
Aramidae	*Aramus guarauna*					1
Rallidae	*Aramides ypecaha*	1	1		1	1
	Gallinula galeata		1			1
	Gallinula melanops					1

	Pardirallus nigricans		1			
Charadriidae	*Vanellus chilensis*	1	1	1	1	1
	Oreopholus ruficollis		1			
Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*				1	
Jacanidae	*Jacana jacana*		1			1
Columbidae	*Columbina picui*		1			
	Patagioenas picazuro	1	1	1	1	1
	Patagioenas maculosa	1	1			
	Patagioenas cayennensis	1				
	Zenaida auriculata	1	1	1	1	1
	Leptotila verreauxi	1	1	1	1	1
Cuculidae	*Coccyzus melacoryphus*	1				1
	Piaya cayana	1	1	1	1	1
	Guira guira	1	1	1	1	1
	Tapera naevia	1	1			1
Trochilidae	*Chlorostilbon lucidus*		1	1		
	Hylocharis chrysura		1	1	1	1
Trogonidae	*Trogon surrucura*	1				
Alcedinidae	*Chloroceryle amazona*		1			
	Chloroceryle americana		1			1
Picidae	*Melanerpes candidus*		1	1	1	1
	Veniliornis spilogaster	1	1	1	1	1
	Colaptes melanochloros		1		1	
	Colaptes campestris	1	1	1	1	1
Cariamidae	*Cariama cristata*	1		1		
Falconidae	*Caracara plancus*	1	1		1	
	Milvago chimachima			1		
	Milvago chimango					1
	Falco sparverius		1	1	1	
	Falco femoralis			1		
Psittacidae	*Pyrrhura frontalis*	1	1		1	1
	Myiopsitta monachus	1	1	1	1	1
Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*		1	1	1	1
	Thamnophilus caerulescens	1	1	1		1
	Mackenziaena leachii		1		1	
Rhinocryptidae	*Scytalopus pachecoi*	1				
Dendrocolaptidae	*Sittasomus griseicapillus*	1				
	Drymornis bridgesii				1	
Furnariidae	*Furnarius rufus*	1	1	1	1	1
	Syndactyla rufosuperciliata	1	1	1		1
	Phacellodomus striaticollis	1	1	1		1
	Anumbius annumbi	1	1		1	
	Schoeniophylax phryganophilus		1			
	Synallaxis frontalis		1			
	Synallaxis spixi	1	1	1	1	1
	Limnoctites rectirostris		1			
	Cranioleuca obsoleta	1	1			1

Tityridae	*Pachyramphus polychopterus*	1	1	1		
Rhynchocyclidae	*Phylloscartes ventralis*		1			1
	Poecilotriccus plumbeiceps		1			
Tyrannidae	*Hirundinea ferruginea*				1	
	Camptostoma obsoletum	1		1		
	Elaenia parvirostris	1	1	1	1	1
	Elaenia obscura			1		1
	Serpophaga nigricans		1			1
	Serpophaga subcristata	1	1	1	1	1
	Myiarchus swainsoni	1	1	1	1	1
	Pitangus sulphuratus	1	1	1	1	1
	Machetornis rixosa		1		1	1
	Myiodynastes maculatus	1	1	1		1
	Tyrannus melancholicus	1	1	1	1	1
	Tyrannus savana	1	1	1	1	1
	Empidonomus varius	1		1		1
	Myiophobus fasciatus			1		1
	Pyrocephalus rubinus	1	1		1	1
	Lathrotriccus euleri		1			
	Knipolegus cyanirostris			1		1
	Satrapa icterophrys					1
	Xolmis cinereus		1			
	Xolmis irupero	1	1		1	1
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	1	1	1	1	1
	Vireo olivaceus	1	1	1	1	1
Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	1				
	Cyanocorax chrysops					1
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*	1	1		1	
	Stelgidopteryx ruficollis		1	1	1	1
	Progne tapera	1	1	1	1	1
	Tachycineta leucorrhoa		1		1	1
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	1	1	1	1	1
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*		1	1	1	1
Turdidae	*Turdus rufiventris*	1	1	1	1	1
	Turdus amaurochalinus	1	1	1	1	1
	Turdus subalaris	1				
	Turdus albicolis	1			1	
Mimidae	*Mimus saturninus*	1	1		1	1
Motacillidae	*Anthus lutescens*		1			
	Anthus hellmayri				1	
Passerilidae	*Zonotrichia capensis*	1	1	1	1	1
	Ammodramus humeralis		1		1	
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	1	1	1	1	1
	Geothlypis aequinoctialis		1	1	1	1
	Basileuterus culicivorus		1	1	1	
	Myiothlypis leucoblephara	1	1	1	1	1
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	1	1	1		1

	Icterus pyrrhopterus		1		1	1
	Gnorimopsar chopi	1	1			
	Chrysomus ruficapillus		1			1
	Pseudoleistes virescens		1			
	Agelaioides badius	1	1	1	1	
	Molothrus rufoaxillaris				1	
	Molothrus bonariensis	1	1	1	1	1
Thraupidae	*Saltator similis*	1	1	1		1
	Saltator aurantiirostris	1	1		1	1
	Tangara sayaca	1	1	1	1	1
	Tangara preciosa	1		1	1	
	Stephanophorus diadematus	1	1	1	1	1
	Paroaria coronata	1	1	1	1	1
	Donacospiza albifrons			1		1
	Poospiza nigrorufa		1	1	1	1
	Poospiza cabanisi	1			1	
	Sicalis flaveola	1	1	1	1	1
	Embernagra platensis		1	1		1
	Volatinia jacarina		1	1		1
	Sporophila caerulescens	1	1	1	1	1
Cardinallidae	*Piranga flava*		1	1		
	Cyanoloxia brissonii			1		
	Cyanoloxia glaucocaerulea			1		
Fringillidae	*Spinus magellanicus*		1	1	1	1
TOTAL		**76**	**110**	**75**	**73**	**92**

Houve uma flutuação na riqueza das espécies entre as campanhas de amostragem (Figura 6.2.1). Em geral, isso se deve principalmente ao incremento no número de espécies com a chegada das aves migratórias de verão (ver *status* de permanência no RS no Anexo 6.2.1), além da conspicuidade das espécies devido às atividades de demarcação de território e período reprodutivo nas amostragens de primavera (novembro) e verão (janeiro), em contraste com os números mais baixos de espécies nas amostragens, principalmente, de inverno (julho) e no outono (abril).

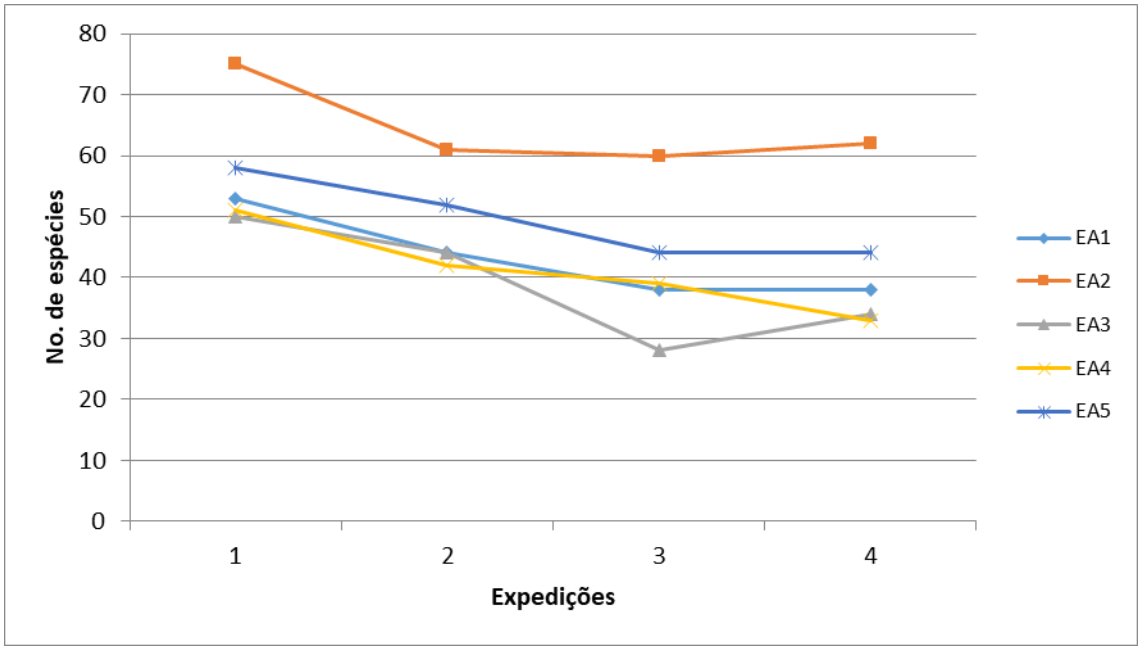


Figura 6.2.1 - Número de espécies de aves registrado em cada estação amostral (EA) nas campanhas realizadas em novembro de 2016 (1), janeiro de 2017 (2), abril de 2017 (3) e julho de 2017 (4).

A EA2 apresentou o maior número de espécies ao longo do ano, seguida pela EA5. As EA 1, 3 e 4, apresentaram valores de riqueza similar no mesmo período (Figura 6.2.2). Os índices de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA são apresentados no Quadro 6.2.2. Houve diferença significativa na comparação entre os índices de diversidade das EA ao longo do ano (F= 4,932; p= 0,0097).

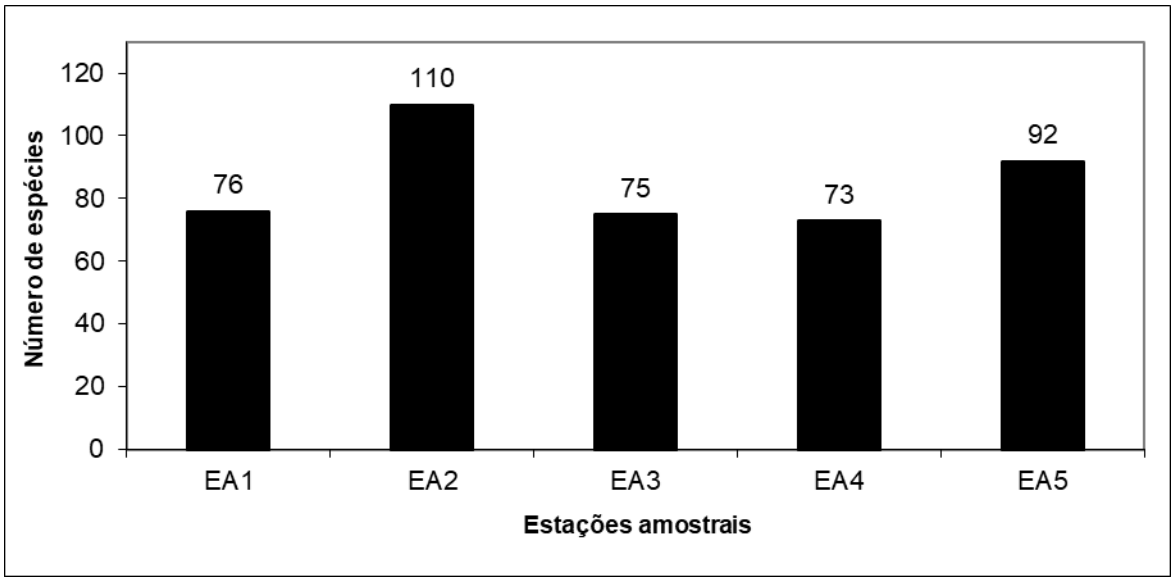


Figura 6.2.2 - Número de espécies de aves registrado nas campanhas realizadas entre novembro de 2016 e julho de 2017 nas cinco estações amostrais (EA) do monitoramento de fauna terrestre da Usina Termoelétrica Pres. Médici, Candiota, RS.

Quadro 6.2.2 - Índice de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA avaliadas para o componente avifauna com base nos dados obtidos entre novembro de 2016 e julho de 2017.

Campanha	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Novembro 2016	0,956	0,974	0,959	0,959	0,961
Janeiro 2017	0,950	0,974	0,968	0,956	0,964
Abril 2017	0,932	0,969	0,946	0,953	0,959
Julho 2017	0,949	0,966	0,940	0,941	0,959

A análise de agrupamento (Figura 6.2.3) fornece uma dimensão da similaridade entre as EA em termos de abundância e composição da avifauna. A EA 1 apresentou menor similaridade com as demais áreas. Muito provavelmente, isso se deve a existência de diferenças fitofisionômicas entre a EA 1 e as demais. A EA 1 apresenta uma vegetação típica da Formação Serra do Sudeste e as demais apresentam características de áreas da Campanha.

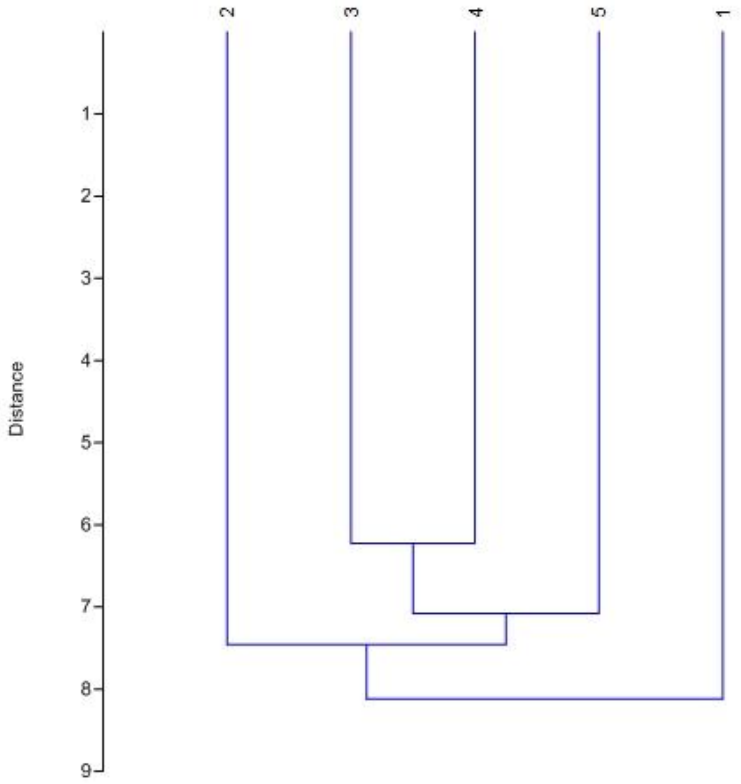


Figura 6.2.3 - Análise de agrupamento das EA (1 a 5) em função da abundância e composição da avifauna nos transectos no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

Considerando os índices de abundância das espécies registradas nos pontos de contagem (IPA) e nos transectos (IAT), o joão-de-barro (*Furnarius rufus*), tico-tico (*Zonotrichia capensis*), juriti-pupu (*Leptotila verreauxi*) e bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) foram as espécies mais abundantes entre novembro de 2016 e julho de 2017. Essas aves ocupam uma gama de ambientes, habitando inclusive áreas urbanas. Na expedição de inverno (julho de 2017), foram abundantes nas contagens por pontos o quero-quero (*Vanellus chilensis*) e o pitiguari (*Cyclarhis gujanensis*).

Foram registradas 21 espécies migratórias nas expedições a campo. Destas, 20 espécies são reconhecidas como migrantes de verão (Belton, 1994; Bencke, 2001), que podem ser encontradas no Rio Grande do Sul entre o final do inverno e início do outono – *Mycteria* americana, *Butorides striata*,

Patagioenas cayennensis, *Coccyzus melacoryphus*, *Pachyramphus polychopterus*, *Hirundinea ferruginea*, *Elaenia parvirostris*, *Pyrocephalus rubinus*, *Myiophobus fasciatus*, *Lathrotriccus euleri*, *Empidonomus varius*, *Myiodynastes maculatus*, *Myiarchus swainsoni*, *Tyrannus savana*, *Tyrannus melancholicus*, *Vireo olivaceus*, *Progne tapera*, *Stelgidopteryx ruficollis*, *Turdus subalaris* e *Piranga flava*. Estas espécies são consideradas comuns a relativamente comuns, ocupando áreas campestres, capoeiras, capões, matas ciliares, áreas úmidas, áreas rurais e até mesmo cidades, como as duas espécies de *Tyrannus*, por exemplo. Uma espécie, *Oreopholus ruficollis*, é considerada como visitante migratório de inverno vindo do Cone Sul do continente, podendo ser encontrada no Estado nos meses de outono e inverno.

O Ministério do Meio Ambiente considerou 234 táxons de aves como ameaçados de extinção no Brasil (Portaria 444/2014). No Rio Grande do Sul, 91 espécies de aves encontram-se ameaçadas de extinção (Decreto Estadual 51.797/2014). Para a região em estudo (Campanha e Serra do Sudeste), pelo menos 27 espécies de aves estão categorizadas em algum grau de ameaça de extinção.

Durante o último ano de monitoramento, duas espécies categorizadas como quase-ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul foram registradas: arapaçu-do-espinilho (*Drymornis bridgesii*) e junqueiro-de-bico-reto (*Limnoctites rectirostris*) – Decreto Estadual 51.797/2014, respectivamente na EA 4 e EA 2. A categoria "quase ameaçada" inclui as espécies que presentemente não satisfazem os critérios para ingressar nas categorias formais de ameaça – criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável, mas estão perto de se enquadrarem ou é provável que se enquadrem em uma dessas categorias de ameaça em um futuro próximo.

Ao longo de todo monitoramento, duas espécies ameaçadas no Rio Grande do Sul já foram observadas: noivinha-de-rabo-preto (*Xolmis dominicanus*) e veste-amarela (*Xanthopsar flavus*) – ambas com *status* Vulnerável.

A metodologia aplicada no monitoramento pode contribuir na avaliação da interferência das transformações da paisagem sobre a avifauna. É evidente que a principal transformação da paisagem decorrente das atividades do empreendimento é decorrente das áreas de mineração, tanto pela remoção da vegetação existente quanto pelos impactos aos recursos hídricos.

A partir dos resultados obtidos no estudo até o momento, não é possível concluir que as atividades da UTE Pres. Médici estejam causando prejuízo significativo à avifauna local. Isso não quer dizer obrigatoriamente que efeitos negativos sobre esses organismos não estejam ocorrendo, mas sim que nos parâmetros avaliados ainda não há evidências de efeitos.

Para avaliação dos efeitos à avifauna da emissão dos gases provenientes da queima do carvão, recomenda-se no futuro a avaliação de metodologias complementares, com a utilização de redes de neblina para a captura de espécies de aves e análise em laboratório de material biológico.

O compartimento ambiental avifauna tem como responsável técnico o Biólogo Dr. Jan Karel Felix Mähler Junior.

Referências Bibliográficas

ALEIXO, A.; VIELLIARD, J. M. E. 1995. Composição e dinâmica da comunidade de aves da Mata de Santa Genebra, Campinas, SP. Revista Brasileira de Zoologia 12, 493-511.

ANJOS, L. dos. 2001. Bird communities in five Atlantic Forest fragments in Southern Brazil. Ornitologia Neotropical 12, 11-27.

BELTON, W. 1994. Aves do Rio Grande do Sul, distribuição e biologia. São Leopoldo: Editora Unisinos.

BENCKE, G. A. 2001. Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FZB. 104p.

BENCKE, G. A.; DIAS, R. A.; BUGONI, L.; AGNE, C. E.; FONTANA, C. S.; MAURÍCIO, G. N.; MACHADO, D. B. 2010. Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Sér. Zoologia, Porto Alegre, 100 (4): 519-556.

BIBBY, C. J.; BURGUESS, N. D.; HILL, D. A. 1993. Bird census techniques. London: Academic Press. 257p.

BLONDEL, J.; FERRY, C.; FROCHOT, B. 1981. Point counts with unlimited distance. p. 414-420. In: Ralph, C. J., Scott, J. M. (Eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology 6. Lawrence: Cooper Ornithological Society.

GRABER, J. W.; GRABER, R. R. 1976. Environmental evaluations using birds and their habitats. Illinois Natural History Survey Bulletin: 1-39 p.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2008. PAST 1.84: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontological Electronica 4 (1).

PIACENTINI, V. de Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; MAURICIO, G. N.; PACHECO, J. F.; BRAVO, G. A.; BRITO, G. R. R.; NAKA, L. N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; SILVEIRA, L. F.; BETINI, G. S.; CARRANO, E.; FRANZ, I.; LEES, A. C.; LIMA, L. M.; PIOLI, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F. R. do; BENCKE, G. A.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L. F. A.; STRAUBE, F. C.; CESARI, E. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. Revista Brasileira de Ornitologia, 23 (2): 91-298.

RALPH, C. J. 1981. Terminology used in estimating numbers of birds. p. 577-578. In: Ralph, C. J., Scott, J. M. (Eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology 6. Lawrence: Cooper Ornithological Society.

RALPH, C. J.; DROEGE, S.; SAUER, J. 1995. Managing and monitoring birds using point counts: standards and applications. p. 161-168. In: Ralph, C. J., Droege, S., Sauer, J. (Eds.). Monitoring Bird Populations by Point Counts. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Albany.

VIELLIARD, J. M. 2000. Bird community as an indicator of biodiversity: results from quantitative surveys in Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72 (3): 323-330.

VIELLIARD, J. M. E.; ALMEIDA, M. E. C.; ANJOS, L.; SILVA, W. R. 2010. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). In: S. V. Matter, F. C. Straube, I. Accordi, V. Piacentini, J. F. Cândido-Jr. (orgs.). Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento. Rio de Janeiro: Technical Books. 516 p.

Anexo 6.2.1 - Lista cumulativa das espécies de aves ocorrentes na área de influência da UTE Pres. Médici, Candiota, RS. *Status*: (**R**) residente; (**M**) migratória de primavera/verão, nidificando no RS; (**S**) visitante migratório de inverno vindo do Cone Sul do continente; (**#**) *status* assumido, mas não confirmado (segundo Belton, 1994; Bencke, 2001).

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
Rheidae	*Rhea americana*	ema	R
Tinamidae	*Rhynchotus rufescens*	perdigão	R
	Nothura maculosa	perdiz	R
Anhimidae	*Chauna torquata*	tachã	R
Anatidae	*Dendrocygna viduata*	irerê	R
	Amazonetta brasiliensis	marreca-pé-vermelho	R
	Anas flavirostris	marreca-pardinha	R
	Anas georgica	marreca-parda	R
	Anas versicolor	marreca-cricri	R
Cracidae	*Penelope obscura*	jacuaçu	R
	Ortalis guttata	araquã	R
Podicipedidae	*Rollandia rolland*	mergulhão-de-orelhas-brancas	R
	Podilymbus podiceps	mergulhão	R
Ciconiidae	*Ciconia maguari*	joão-grande	R
	Mycteria americana	cabeça-seca	M
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*	biguá	R
Anhingidae	*Anhinga anhinga*	biguatinga	R
Ardeidae	*Tigrisoma lineatum*	socó-boi-verdadeiro	R
	Nycticorax nycticorax	savacu	R
	Butorides striata	socozinho	M
	Bubulcus ibis	garça-vaqueira	R
	Ardea cocoi	garça-moura	R
	Ardea alba	garça-branca-grande	R
	Syrigma sibilatrix	maria-faceira	R
	Egretta thula	garça-branca-pequena	R
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	maçarico-preto	R
	Phimosus infuscatus	maçarico-de-cara-pelada	R
	Theristicus caerulescens	maçarico-real	R
	Theristicus caudatus	curicaca	R
	Platalea ajaja	colhereiro	R

Cathartidae	*Cathartes aura*	urubu-de-cabeça-vermelha	R
	Cathartes burrovianus	urubu-de-cabeça-amarela	R
	Coragyps atratus	urubu-de-cabeça-preta	R
Accipitridae	*Elanus leucurus*	gavião-peneira	R
	Circus buffoni	gavião-do-banhado	R
	Accipiter striatus	gaviãozinho	M#
	Rostrhamus sociabilis	gavião-caramujeiro	R
	Heterospizias meridionalis	gavião-caboclo	R
	Rupornis magnirostris	gavião-carijó	R
	Geranoaetus albicaudatus	gavião-de-cauda-branca	R
Aramidae	*Aramus guarauna*	carão	R
Rallidae	*Aramides ypecaha*	saracuraçu	R
	Aramides saracura	saracura-do-mato	R
	Pardirallus nigricans	saracura-sanã	R
	Gallinula galeata	galinhola	R
	Porphyriops melanops	frango-d´água-carijó	R
Charadriidae	*Vanellus chilensis*	quero-quero	R
	Charadrius collaris	batuíra-de-coleira	R
	Oreopholus ruficollis	batuíra-de-papo-ferrugíneo	S
Recurvirostridae	*Himantopus melanurus*	pernilongo	R
Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*	narceja	R
Jacanidae	*Jacana jacana*	jaçanã	R
Columbidae	*Columbina talpacoti*	rolinha-roxa	R
	Columbina picui	rolinha-picuí	R
	Patagioenas picazuro	pombão	R
	Patagioenas maculosa	pomba-do-orvalho	R
	Patagioenas cayennensis	pomba-galega	M#
	Zenaida auriculata	pomba-de-bando	R
	Leptotila verreauxi	juriti-pupu	R
	Leptotila rufaxilla	juriti-gemedeira	R
Cuculidae	*Piaya cayana*	alma-de-gato	R
	Coccyzus melacoryphus	papa-lagarta-verdadeiro	M
	Crotophaga ani	anu-preto	R
	Guira guira	anu-branco	R

	Tapera naevia	saci	R
Strigidae	*Bubo virginianus*	jacurutu	R
	Athene cunicularia	coruja-do-campo	R
Caprimulgidae	*Hydropsalis torquata*	bacurau-tesoura	R
Trochilidae	*Chlorostilbon lucidus*	besourinho-de-bico-vermelho	R
	Hylocharis chrysura	beija-flor-dourado	R
Trogonidae	*Trogon surrucura*	surucuá-variado	R
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	martim-pescador-grande	R
	Chloroceryle amazona	martim-pescador-verde	R
	Chloroceryle americana	martim-pescador-pequeno	R
Picidae	*Picumnus nebulosos*	pica-pau-anão-carijó	R
	Melanerpes candidus	pica-pau-branco	R
	Veniliornis spilogaster	picapauzinho-verde-carijó	R
	Colaptes melanochloros	pica-pau-verde-barrado	R
	Colaptes campestris	pica-pau-do-campo	R
Cariamidae	*Cariama cristata*	seriema	R
Falconidae	*Caracara plancus*	caracará	R
	Milvago chimachima	carrapateiro	R
	Milvago chimango	chimango	R
	Falco sparverius	quiriquiri	R
	Falco femoralis	falcão-de-coleira	R
Psittacidae	*Psittacara leucophthalmus*	maracanã-malhada	R
	Pyrrhura frontalis	tiriba-de-testa-vermelha	R
	Myiopsitta monachus	caturrita	R
Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*	choca-de-boné-vermelho	R
	Thamnophilus caerulescens	choca-da-mata	R
	Mackenziaena leachii	brujarara-assobiador	R
Rhinocryptidae	*Scytalopus pachecoi*	tapaculo-ferreirinho	R
Dendrocolaptidae	*Sittasomus griseicapillus*	arapaçu-verde	R
	Drymornis bridgesii	arapaçu-do-espinilho	R
Furnariidae	*Furnarius rufus*	joão-de-barro	R
	Lochmias nematura	joão-porca	R

	Heliobletus contaminatus	trepadorzinho	R
	Syndactyla rufosuperciliata	trepador-quiete	R
	Phacellodomus striaticollis	tio-tio	R
	Phacellodomus ferrugineigula	joão-botina	R
	Anumbius annumbi	cochicho	R
	Schoeniophylax phryganophilus	bichoita	R
	Synallaxis ruficapilla	pichororé	R
	Synallaxis cinerascens	pi-puí	R
	Synallaxis frontalis	petrim	R
	Synallaxis spixi	joão-teneném	R
	Limnoctites rectirostris	junqueiro-de-bico-reto	R
	Cranioleuca sp.	arredio	R
Tityridae	*Pachyramphus viridis*	caneleirinho-verde	R
	Pachyramphus polychopterus	caneleirinho-preto	M
Rhynchocyclidae	*Phylloscartes ventralis*	borboletinha-do-mato	R
	Tolmomyias sulphurescens	bico-chato-de-orelha-preta	R
	Poecilotriccus plumbeiceps	tororó	R
Tyrannidae	*Hirundinea ferruginea*	birro	M
	Camptostoma obsoletum	risadinha	R
	Elaenia flavogaster	guaracava-de-barriga-amarela	R
	Elaenia parvirostris	guaracava-de-bico-curto	M
	Elaenia mesoleuca	tuque	M
	Elaenia obscura	tucão	R
	Serpophaga nigricans	joão-pobre	R
	Serpophaga subcristata	alegrinho	R
	Myiarchus swainsoni	irré	M
	Pitangus sulphuratus	bem-te-vi	R
	Machetornis rixosa	suriri-cavaleiro	R
	Myiodynastes maculatus	bem-te-vi-rajado	M
	Tyrannus melancholicus	suiriri	M
	Tyrannus savana	tesourinha	M
	Empidonomus varius	peitica	M

	Myiophobus fasciatus	filipe	R
	Pyrocephalus rubinus	príncipe	M
	Lathrotriccus euleri	enferrujado	M
	Knipolegus cyanirostris	maria-preta-de-bico-azulado	R
	Knipolegus lophotes	maria-preta-de-penacho	R
	Satrapa icterophrys	suiriri-pequeno	R
	Xolmis cinereus	primavera	R
	Xolmis irupero	noivinha	R
	Xolmis dominicanus	noivinha-de-rabo-preto	R
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	pitiguari	R
	Vireo olivaceus	juruviara	M
Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	gralha-azul	R
	Cyanocorax chrysops	gralha-picaça	R
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*	andorinha-pequena-de-casa	R
	Stelgidopteryx ruficollis	andorinha-serradora	M
	Progne tapera	andorinha-do-campo	M
	Progne chalybea	andorinha-doméstica-grande	M
	Tachycineta leucorrhoa	andorinha-de-testa-branca	R
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	curruíra	R
	Cistothorus platensis	curruíra-do-campo	D
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*	balança-rabo-de-máscara	R
Turdidae	*Turdus leucomelas*	sabiá-barranco	R#
	Turdus rufiventris	sabiá-laranjeira	R
	Turdus amaurochalinus	sabiá-poca	R
	Turdus subalaris	sabiá-ferreiro	M
	Turdus albicollis	sabiá-coleira	R
Mimidae	*Mimus saturninus*	sabiá-do-campo	R
	Mimus triurus	calhandra-de-três-rabos	S
Motacillidae	*Anthus lutescens*	caminheiro-zumbidor	R
	Anthus correndera	caminheiro-de-espora	R
	Anthus hellmayri	caminheiro-de-barriga-acanelada	R

Passerellidae	*Zonotrichia capensis*	tico-tico	R
	Ammodramus humeralis	tico-tico-do-campo	R
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	mariquita	R
	Geothlypis aequinoctialis	pia-cobra	R
	Basileuterus culicivorus	pula-pula	R
	Myiothlypis leucoblephara	pula-pula-assobiador	R
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	tecelão	R
	Icterus pyrrhopterus	encontro	R
	Gnorimopsar chopi	chopim	R
	Chrysomus ruficapillus	garibaldi	R
	Xanthopsar flavus	veste-amarela	R
	Pseudoleistes guirahuro	chopim-do-brejo	R
	Pseudoleistes virescens	dragão	R
	Agelaioides badius	asa-de-telha	R
	Molothrus rufoaxillaris	vira-bosta-picumã	R
	Molothrus bonariensis	vira-bosta	R
Thraupidae	*Coereba flaveola*	cambacica	R
	Tangara sayaca	sanhaçu-cinzento	R
	Tangara preciosa	saíra-preciosa	R
	Stephanophorus diadematus	sanhaçu-frade	R
	Paroaria coronata	cardeal	R
	Pipraeidea melanonota	saíra-viúva	R
	Pipraeidea bonariensis	sanhaçu-papa-laranja	R
	Sicalis flaveola	canário-da-terra-verdadeiro	R
	Sicalis luteola	tipio	R
	Emberizoides herbicola	canário-do-campo	R
	Embernagra platensis	sabiá-do-banhado	R
	Volatinia jacarina	tiziu	R
	Sporophila caerulescens	coleirinho	R
	Saltator similis	trinca-ferro-verdadeiro	R
	Saltator aurantiirostris	bico-duro	R
	Poospiza nigrorufa	quem-te-vestiu	R
	Poospiza cabanisi	tico-tico-da-taquara	R
	Donacospiza albifrons	tico-tico-do-banhado	R
Cardinalidae	*Piranga flava*	sanhaçu-de-fogo	M

	Cyanoloxia glaucocaerulea	azulinho	R
	Cyanoloxia brissonii	azulão-verdadeiro	R
Fringillidae	*Spinus magellanicus*	pintassilgo	R
	Euphonia chlorotica	fim-fim	R

6.3 MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA

O monitoramento da Herpetofauna foi realizado como parte integrante do Programa de Monitoramento Ambiental na Região de Influência da Usina Termelétrica de Candiota, Município de Candiota/RS. O presente relatório apresenta os dados qualitativos e quantitativos alcançados em quatro campanhas de monitoramento em cinco Estações Amostrais (EA 1 UTM 262163 / 6503935 Serra da Veleda (EA de referência – grupo externo), EA 2 UTM 241561 / 6501179 Fazenda Três Lagoas, EA 3 UTM 243736 / 6510363 Fazenda Candiota, EA 4 UTM 248153 / 6509846 Nordeste e EA 5 UTM 249292 / 6503784 Sudeste) realizadas entre novembro de 2016 e julho de 2017.

Objetivos

a) Caracterizar a comunidade de répteis e anfíbios existentes na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies;
b) Identificar espécies ameaçadas de extinção;
c) Identificar espécies de interesse econômico;

Os objetivos com a investigação da herpetofauna são para identificar as ações das emissões da chaminé da Usina Termelétrica de Candiota nestas comunidades faunísticas. Verificar se existe ação das emissões que afetem a composição e abundância dos organismos nas áreas de influência direta, através das unidades amostrais predeterminadas pelo termo de referência.

Metodologia

As quatro campanhas realizadas (ver relatórios parciais) contemplam as quatro estações ocorrentes para a região subtropical (primavera (campanha de novembro de 2016), verão (campanha de janeiro de 2017), outono (campanha de abril de 2017) e inverno (campanha de julho de 2017)). A metodologia empregada contempla as estratégias amostrais segundo o Plano de monitoramento.

Análise de dados

Para verificar se havia diferenças na composição e abundâncias entre Estações Amostrais foram obtidas as matrizes de riqueza e abundância para anuros e répteis para cada Estação Amostral em cada uma das quatro campanhas utilizando o método de classes de machos vocalizando (ver relatórios parciais) para anfíbios e número de indivíduos para répteis, para isso, foi feito uma medida de semelhança entre unidades amostrais (distância Euclidiana) e feito uma MANOVA em blocos com testes de aleatorizações com 100 iterações (Pillar & Orlóci 1996). Para esta análise, cada período amostral foi agrupado em blocos. Foi utilizada uma análise de cluster (UPGMA) baseado na distância Euclidiana para classificar as Estações amostrais em relação a composição e abundância das espécies (Legendre & Legendre 1998).

Com os mesmos dados da medida de semelhança entre as áreas foi feita uma ordenação utilizando análises de coordenadas principais (PCoA). Esta matriz foi submetida a uma análise de correspondência (Legendre and Legendre 1998). O UPGMA foi feito através do programa Statistica 7.0 (Statsoft, Inc. 2004). O PCoA foi feito através do programa SigmaPlot 10.0 (Anon, 2006) todas demais analises foram feitas com a utilização do programa MULTIV 2.4 (Pillar, 2004).

Resultados

Foram registradas 12 espécies de anfíbios e 4 de répteis para as cinco estações amostrais de trabalho. Os anfíbios encontrados estão agrupados em 5 famílias (Cycloramphidae, Bufonidae, Hylidae, Leiuperidae, Ranidae e Leptodactylidae) (Tabela 6.3.1) e répteis em 3 famílias (Amphisbaenidae, Diapsidae, Emydidae) (Tabela 6.3.2). A análise de agrupamentos (Cluster) demonstra a relação entre as áreas baseadas na composição abundância de assembleias com $p = 1$ para anfíbios e répteis (Figura 6.3.1 e 6.3.2) não demonstrando ser significativo tanto para anfíbios quanto para répteis. Os dois primeiros eixos da análise de correspondência explicam 82,% da variação da freqüência de espécies de anfíbios descritas pelas áreas (Figura

6.3.2) e devido ao baixo N para répteis, a análise de correspondência não apresentou resultados.

Tabela 6.3.1 - Espécies de anfíbios encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre Novembro de 2016 e Julho de 2017. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

Família/Espécie	Nome popular	E.A. 1	E.A. 2	E.A. 3	E.A. 4	E.A. 5
CYCLORAMPHIDAE						
Limnomedusa macroglossa	rã-das-pedras	1				
BUFONIDAE						
Rhinella sp.						1
HYLIDAE						
Dendropsophus minutus	perereca	3	3	2	3	3
Hypsiboas pulchellus	perereca-do-banhado	3		2		
Pseudis minutus	rã-boiadora	3	2		2	2
Scinax fuscovarius	raspa-de-cuia	3	3	1		2
Scinax squalirostris	perereca-nariguda				3	2
Scinax uruguayus	perereca					3
LEIUPERIDAE						
Physalaemus biligonigerus	rã-chorona	3	3	2	3	3
LEPTODACTYLIDAE						

Leptodactylus gracilis	rã		1	
Leptodactylus atrans	rã-mantega		1	1
RANIDAE				
Lithobates catesbeianus	rã-touro			1

Tabela 6.3.2 - Espécies de répteis encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre Novembro de 2016 e Julho de 2017. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2; Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)

Família/Espécie	Nome popular	E.A. 1	E.A. 2	E.A. 3	E.A. 4	E.A. 5
AMPHISBAENIDAE						
Amphisbaena darwinii	cobra-de-duas-cabeças		1			
DIPSADIDAE						
Liophis jaegeri	cobra verde				1	
Phalotris leminiscatus	cabeça-preta-serrana		1			
EMYDIDAE						
Trachemys dorbigni	tigre-da-água		1			

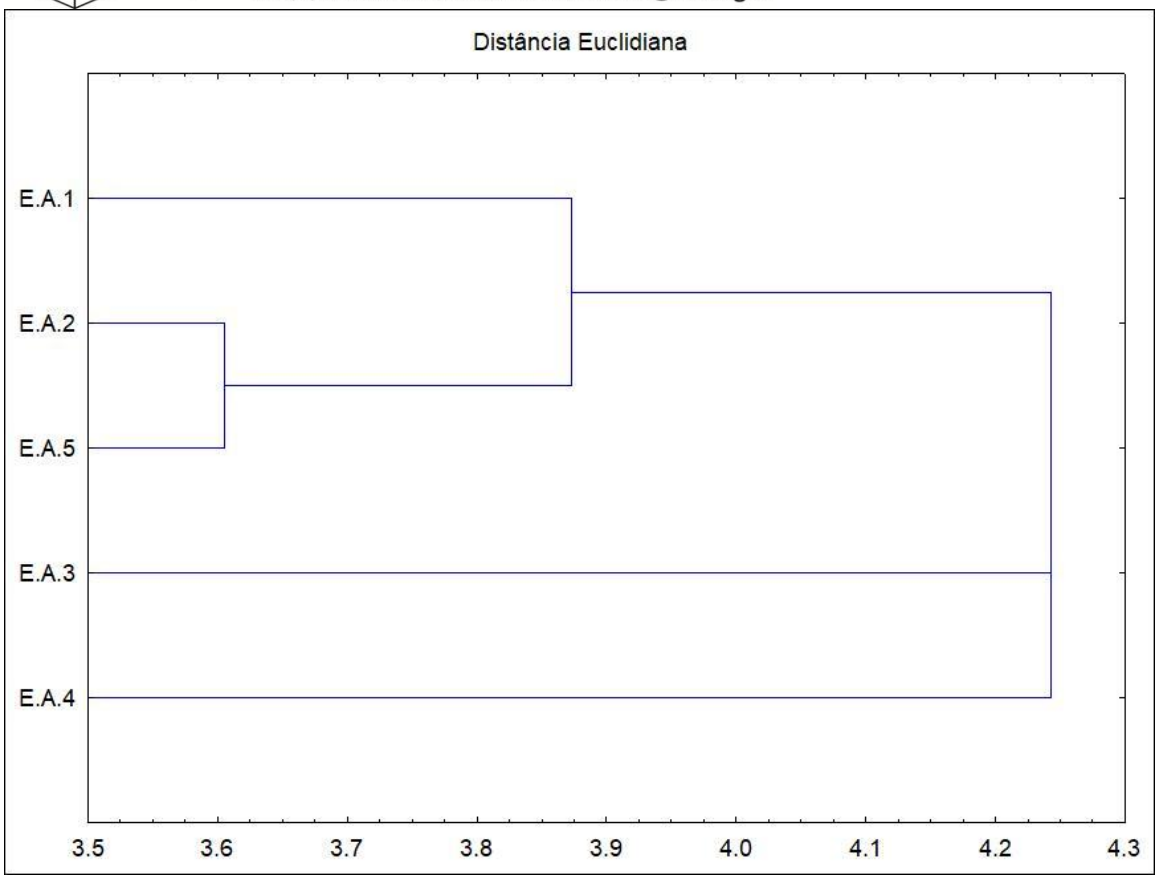


Figura 6.3.1 – Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de anfíbios. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)

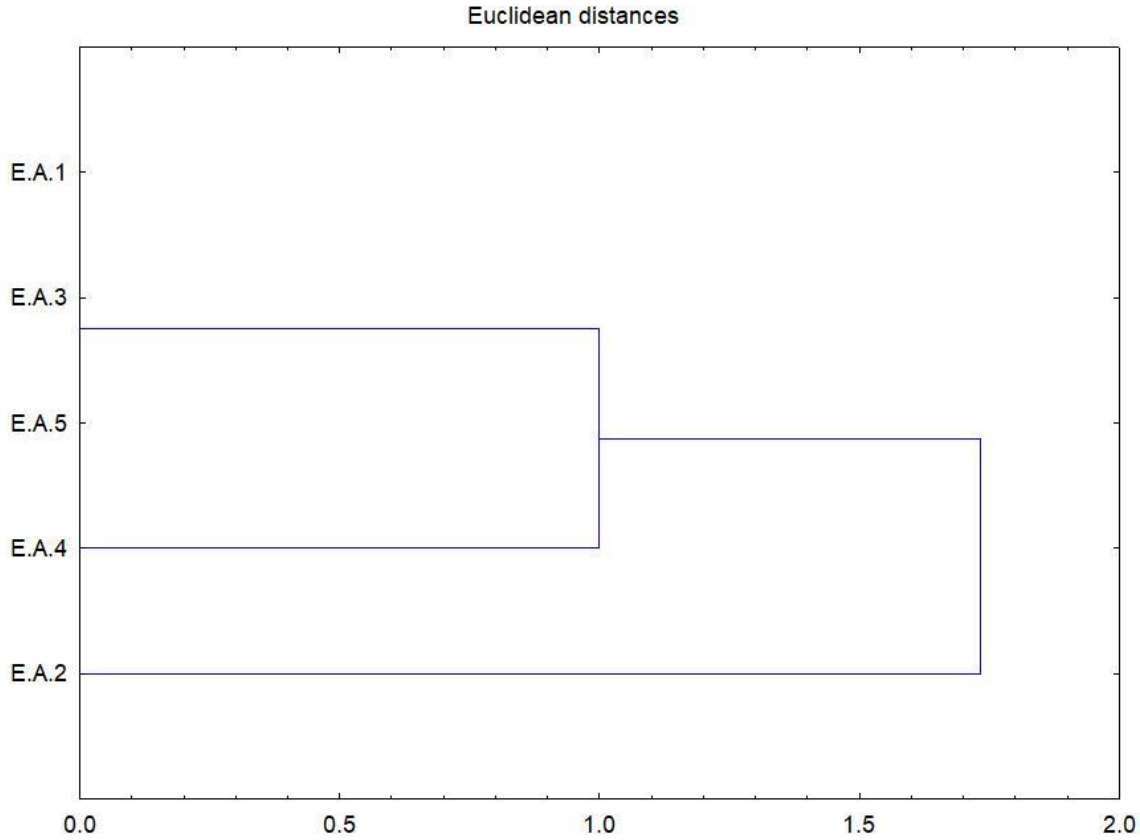


Figura 6.3.2 – Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de répteis. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2; Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

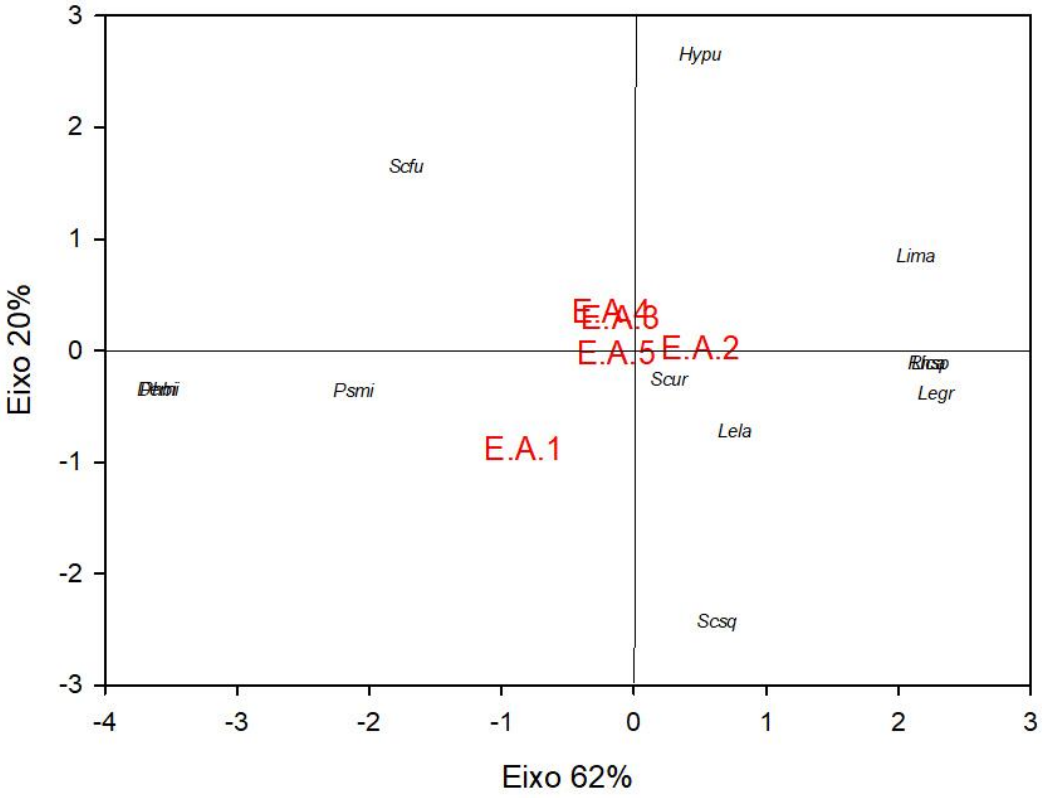


Figura 6.3.3 – Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Anfíbios; ***Demi***: *Dendropsophus minutus*, ***Hypu***: *Hypsiboas pulchellus*, ***Legr***: *Leptodactylus gracilis,* ***Lela***: *Leptodactylus latrans,* ***Lima***: *Limnomedusa macroglossa,* ***Lica***: *Lithobates catesbeianus,* ***Phbi***: *Physalaemus biligonigerus,* ***Psmi***: *Pseudis minutus,* ***Rhsp***: *Rhinella* sp., ***Scfu***: *Scinax fuscovarius,* ***Scsq***: *Scinax squalirostris,* ***Scsq***: *Scinax uruguayos*.

Nenhuma espécie ameaçada de extinção ou de interesse econômico foi registrada (Haddad 2008; IUCN, 2011) tanto em nosso monitoramento quanto em um trabalho completo de levantamento para anfíbios realizado no município de Candiota em 2004 (Di-Bernardo et. al, 2004b).

Através da figura 6.3.4 podemos observar que o maior número de espécies de anfíbios ocorrem nas estações amostrais 1, 2, 4 e 5. Para répteis o maior número de espécies foi registrado para a E.A.2 (Figura 6.3.5).

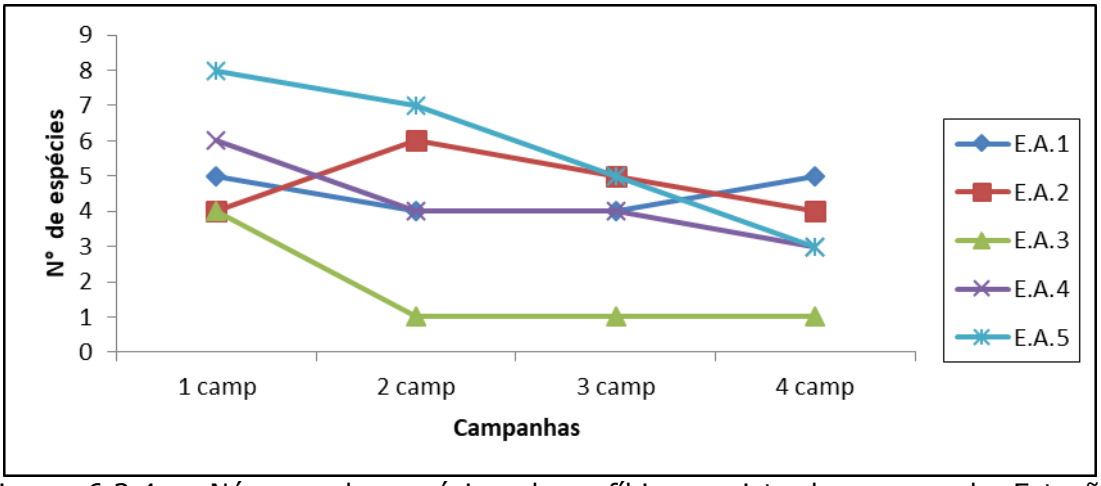


Figura 6.3.4 - Número de espécies de anfíbios registradas em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)

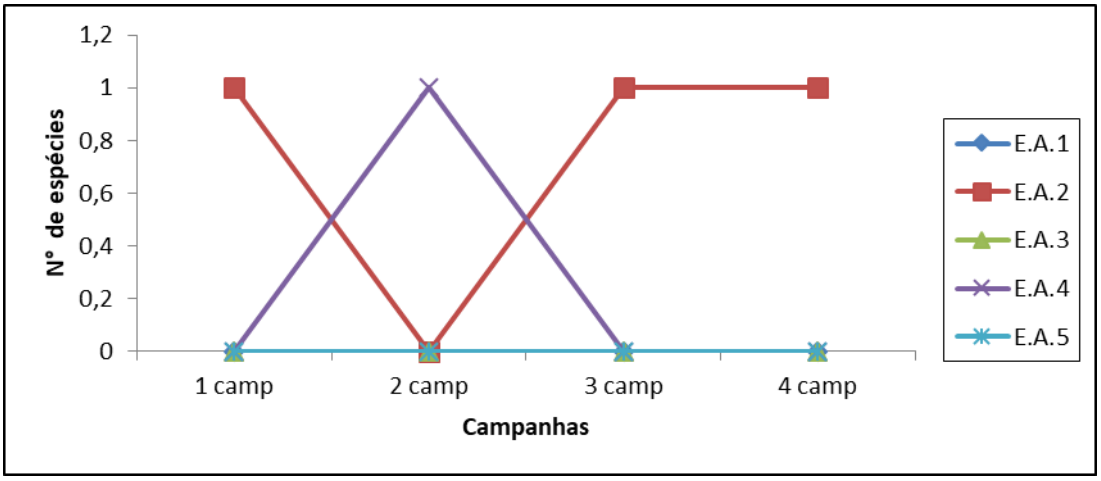


Figura 6.3.5 - Número de espécies de répteis registrados em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2; Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)

Considerações

Até o presente momento são registradas para o estado do Rio Grande do Sul cerca de noventa e quatro espécies de anfíbios (ver referências em Garcia & Vinciprova, 2003; listas em Kwet, 2001, Kwet 2005 e compilação de trabalhos em Herpetologia, 2010), (Herpetologia UFRGS. 2010) dentre

estas, três foram descritas recentemente no início de 2008 (Cruz & Fusinato, 2008; Rosset, 2008; Kwet, 2008), o que demonstra que nossa anurofauna ainda é pouco conhecida e passível de novas descobertas para os próximos anos.

Para a região de Candiota existe uma lista recente das espécies de anfíbios ocorrentes na qual registra 22 espécies (Di-Bernardo et al, 2004b) e neste monitoramento foram registradas 19 espécies (somatório de todas as campanhas em todos os 8 contratos de monitoramento), entretanto o levantamento feito por Di-Bernardo foi em todas as áreas propícias para encontro de anfíbios no município de Candiota e nosso monitoramento em 5 E.A. designadas pelo termo de referência do monitoramento.

Para répteis o número de espécies registradas até o momento para o estado é de 118, sendo um jacaré, seis cobras-de-duas-cabeças, 11 tartarugas, 21 lagartos e 79 serpentes (Lema, 1994; Di-Bernardo et al., 2004a, Herpetologia, 2010) site da (Herpetologia UFRGS. 2010) e algumas discussões sobre ocorrências ainda estão abertas (Di-Bernardo et al., 2004a).

Em nosso trabalho foram registradas apenas 20 espécies para as 5 E.A. no somatório dos 8 contratos de monitoramento. Certamente mais espécies ocorrem na região e não foram amostradas devido a metodologia aplicada e características ecológicas do grupo, pois amostragens com répteis são mais complicadas devido aos hábitos das espécies. A amostragem feita foi de acordo com o Plano de Monitoramento, entretanto mesmo com esforço de campo superior, as assembléias podem ser subamostradas, pois trabalhos com história natural de répteis após vários anos de amostragens ainda registram encontros de novas espécies.

A representação gráfica da análise de correspondência demonstra a relação da presença e abundância das espécies em relação às áreas (E.A.). Para a anurofauna fica evidenciada a dominância das espécies*, S. uruguayus, L. latrans* para as Estações amostrais 2, 3, 4 e 5. Os resultados de agrupamento apresentam a estação amostral as estações amostrais 2 e 5

como mais semelhantes e estas agrupando com a estação amostral 1 (grupo controle), porém a análise de agrupamento apresenta um resultado não confiável pois o baixo número de ambientes propícios para a ocorrência de anuros nesta estação torna-os mais propensos de encontro, ou seja, existem poucos locais propícios para o refugio destas espécies tornando o sucesso de encontro maior, apesar do mesmo esforço ter sido feito em todas as estações.

A E.A.3 e 4 são caracterizadas como as áreas mais pobres em termos de ambientes propícios para o estabelecimento de comunidades de anfíbios, entretanto é a com maior riqueza de répteis.

Esta situação se deve à desconfiguração do ambiente natural, tendo o menor número de corpos d'água. A E.A.3 têm grande parte da sua área plantio de *Eucalyptus* sp. e é de propriedade da CGTEE, a companhia a utiliza para este plantio para queima de madeira na usina. Os dados demonstram que o grupo externo (controle) (E.A.1) escolhido no plano de monitoramento não apresenta real diferença na riqueza e abundância das espécies de anuros quando comparado com as E.A. circundantes a Usina, ficando evidenciado no dendrograma gerado que a E.A.1 está mais associada com as E.A.2, 3 e 5 que com a E.A 3 e 4.

As análises comprovam assim algumas induções prévias feitas em campo quando caracterizada a fisionomia de cada E.A.

Através da metodologia aplicada, os dados não permitem afirmar que a emissão de gases através da chaminé da usina seja um possível causador de declínios populacionais para a anurofauna. A característica marcante da E.A.1 é baseada em aspectos relacionados a formações conhecidas para a Serra do Sudeste, diferentemente das características das demais E.A.

A observação única e exclusiva dos dados sem um cuidado mais direcionado aos grupos estudados pode gerar uma má inferência quanto ao aspecto de declínios ou de riscos para as espécies.

Entretanto algumas ações indiretas certamente são causadoras do não registro de espécies na E.A.3, tais como a descaracterização através da destruição do habitat com o plantio de *Eucalyptus* sp., tais organismos são conhecidos pela sua capacidade de drenagem do solo, acabando assim com áreas úmidas propícias para sítios reprodutivos de anfíbios e a perda de áreas de uso para répteis.

Um detalhe muito interessante a ser observado é a considerável redução nos registros de répteis em comparação aos últimos dois monitoramentos. No monitoramento realizado no período de 2014-15 foram registradas 11 espécies de répteis, no período de 2015-16 foram registradas 7 espécies e neste relatório foram registradas 4 espécies. Uma queda considerável sendo que dos 4 registros, 3 foram na mesma unidade amostral.

Toda a região do município de Candiota, e seus arredores, sofre inúmeras influências diretas e indiretas que causam degradação ambiental e consequente estes fatores são limitantes para a composição e abundância de espécies de répteis e anfíbios.

Atividades como a mineração, plantio de monoculturas, e práticas antigas de criação de bovinos e ovinos de forma extensiva, causam diversos impactos ao meio ambiente. A região carbonífera de Candiota tem aumentado muito atividades de mineração nas proximidades de certas unidades amostrais em relação a monitoramentos anteriores (Figura 6.3.6). Note que a máquina ao fundo da imagem tem proporções consideráveis.



Figura 6.3.6 - Mineração na área de entorno da estação amostral 2 (fazenda Três Lagoas)

Esta situação certamente acarreta em uma modificação na composição das comunidades registradas nestas unidades amostrais. Pode inclusive, aumentar o número de registros nestas propriedades, pois os organismos procuram por refugio e nestas propriedades encontram estes refúgios. Portanto o aumento no número de espécies e indivíduos pode potencialmente, refletir uma considerável degradação ambiental no seu entorno.

Neste contexto observamos não somente as unidades amostrais, mas sim as unidades amostrais e seu entorno e contexto ambiental. Toda a região no entorno das unidades amostrais sofre de inúmeras fontes de degradação ambiental, e estas diversas fontes devem ser monitoradas na sua origem, desde a mineração, aos efluentes emitidos por estas empresas assim como as suas emissões atmosféricas. Além do monitoramento habitual, o monitoramento na fonte dos agentes de emissões deve ser observado.

Como conclusão final para todo o monitoramento é fortemente recomendável a reavaliação e reestruturação completa do termo de referência do monitoramento, os parâmetros de avaliação da composição e abundância de répteis e anfíbios das unidades amostrais claramente não é o mais recomendado para observar os impactos diretos e indiretos das emissões da chaminé da Usina termelétrica Presidente Medici para

Herpetofauna. Parâmetros como pH de banhados de locais de ocorrência de anfíbios devem ser observados, quantidade de banhados naturais e características de paisagem são mais determinantes na ocorrência das espécies do que a direção dos ventos em relação as emissões da chaminé da usina.

O compartimento HERPETOFAUNA é da responsabilidade técnica do Biólogo Dr. Jorge Sebastião Bernardo-Silva - Bio 45206-03D.

Referências Bibliográficas

Cruz, C.A.G. & Fusinato, L.A. 2008; Rosset, 2008. A new species of *DenDrophryniscus,* Jiménez de la espada, 1871 (AmphibiA, AnurA, bufonidAe) from the Atlantic Rain forest of Rio Grande do Sul. Brazilian Society of Herpetology. South A,ericam Journal of Herpetology. 3(1):22-26

Di-Bernardo, M.; Borges-Martins, M. & Oliveira R. B. 2004. Proposed deletion of eight species of snakes from the Brazilian State of Rio Grande do Sul herpetofauna. Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Sér. Zool., 17(1):45-50.

Di-Bernardo, M., Oliveira, R.B., Pontes, G.M.F., Melchiors, J., Solé, M., Kwet, A. 2004. Anfíbios anuros da região de extração e processamento de carvão de Candiota, RS, Brasil. Pp. 163-175. In: Teixeira E. C. e Pires, M.J.R. (eds.), Estudos ambientais em Candiota – carvão e seus impactos. Fepam, Porto Alegre.

Garcia, P. C. A. & Vinciprova, G. 2003. Anfíbios. *In*: Fontana, C.S.; Bencke, G.A. & Reis, R. E. dos. Org. Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, EDIPUCRS. p. 147-164

Haddad, C. F. B., 2008. Uma análise da lista brasileira de anfíbios ameaçados de extinção. In: Machado ABM et al., (eds.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília, Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. v. 2, p. 286-325.

Herpetologia UFRGS. 2010. Laboratório de Herpetologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. On line. Versão 1.0, Novembro 2010. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/herpetologia>. Acesso em 01/07/2017.

International Union for Conservation of Nature – IUCN, 2011. IUCN Red List of Threatened Species. version 2011.2. Available from: <www.iucnredlist.org>. Access in: Jul. 2013.

Kwet, A. 2001. Frörsch im brasilianischen Araukarienwald – Anurengemeinschaft des Araukarienwaldes von Rio Grande do Sul: Diversität, Reproduktion und Ressourcenaufteilung. Tübingen, Natur und Tier-Verlag, 192p.

Kwet, A. 2005. Aktuelle Artenliste der der amphibien . *In*: Kwet, A. Frösche – Frogs – Anuros . Disponível em: <www.kwet.de>. Acesso em jul/2013

Kwet, A. 2008. New species of *Hypsiboas* (Anura: Hylidae) in the *pulchellus* group from southern Brazil. Rheinbach. Salamandra. 44(1):1-14

Legendre P, Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, 351 The Netherlands.

Lema, T. 1994. Lista comentada dos répteis ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Comum. Mus. Ciênc. PUCRS. Ser. Zool., 7:41-150.

Pillar VD. 2004. MULTIV: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling: Software v. 2.3.20. Departamento de Ecologia, 383 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. (Software and manual available from http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br).

Pillar, V.D. & L. Orlóci. 1996. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science* 7: 585-592.

Rosset, S.D. 2008. New Species of Odontophrynus Reinhardt and Lu¨ tken 1862 (Anura: Neobatrachia) from Brazil and Uruguay. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Journal of Herpetology. 42(1):134-144.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

7. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR-FLORA

Introdução

O presente relatório apresenta a compilação dos resultados das quatro saídas de campo realizadas entre novembro de 2016 a julho de 2017 com vistas a avaliar a dispersão das emissões atmosféricas sobre a região adjacente à usina térmica de Candiota com base na distribuição espacial dos teores de cádmio, chumbo, zinco, enxofre e fluoreto em três espécies vegetais selecionadas. Lançados na atmosfera através da queima do carvão, esses elementos podem ser absorvidos e acumulados na vegetação herbácea nativa (*biomonitoramento passivo*) ou por organismos (liquens) previamente expostos nos mesmos locais (*biomonitoramento ativo*).

O presente estudo teve por objetivo responder aos seguintes questionamentos:

1. quais os teores médios e máximos dos contaminantes atmosféricos considerados nas folhas ou parte aérea das espécies avaliadas?
2. os teores são compatíveis com aqueles considerados como *baseline* ou *background* pela literatura consultada?
3. qual é o padrão de distribuição espacial dos contaminantes atmosféricos nas espécies amostradas na área adjacente à usina?

Material e Métodos

O município de Candiota está localizado na porção oeste do escudo sul-riograndense na região sudeste do Rio Grande do Sul a uma altitude média de 250 metros acima do nível do mar em uma superfície relativamente plana com declives suaves nas direções norte e leste (Braga, Teixeira & Alves, 2004).

A região sofre a influência de massas de ar de origem tropical e polar marítima. O clima é do tipo *Cfa* (subtropical com precipitação bem

distribuída ao longo do ano, segundo a classificação de Köppen); apresenta uma precipitação total média anual registrada entre 1961 e 1990 de 1.465 mm e temperatura média anual de 18 °C (Braga, Teixeira & Alves, 2004; Migliavacca et al., 2004). A direção predominante dos ventos é do quadrante Nordeste (NE) ao longo de todo o ano (Braga et al., 2004) com uma velocidade média de 4 m s^{-1} (Migliavacca et al., 2004).

Além da usina termelétrica, há outras fontes de emissões atmosféricas na região – duas fábricas de cimento (Votorantim Cimentos Brasil Ltda e CCB Cimpor Cimentos do Brasil Ltda) e uma mineração de calcário – entretanto, certamente, a usina é o emissor de maior magnitude. Além da atividade mineradora e industrial, a região é também fortemente impactada pela mineração/beneficiamento do carvão pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM), pela pecuária extensiva e pela alteração do uso do solo pela silvicultura.

Biomonitoramento passivo

Para fins da coleta de amostras de plantas foi estabelecida uma rede de amostragem constituída de dez locais de amostragem (Tabela 7.1) distribuídos em diferentes orientações e distâncias da principal fonte emissora da região – usina térmica.

Tabela 7.1 - Rede de amostragem no entorno da Usina termelétrica de Candiota, no município de Candiota/RS. As coordenadas foram obtidas com um GPS Nikon GP-1 acoplado a uma máquina fotográfica Nikon D-90.

EA	Denominação	Latitude	Longitude	Altitude* e direção**
1	Serra do Veleda	31° 35’ 19,9” S	53° 30’ 22,9” W	413 m – leste
2	Fazenda Três Lagoas	31° 35’ 42,1” S	53° 43’ 43,0” W	188 m – sudoeste
3	Candiotão	31° 31’ 16,0” S	53° 44’ 37,4” W	261 m – noroeste
4	Chácara Santa Clara	31° 32’ 9,9” S	53° 39’ 21,3” W	280 m – nordeste
5	Fazenda Eugênio Fagundes	31° 34’ 15,4” S	53° 38’ 49,8” W	215 m – sudeste
7	Assentamento São José	31° 36’ 8,9” S	53° 46’ 23,0” W	153 m – sudoeste
8	AFUCAN	31° 34’ 10,7” S	53° 41’ 47,5” W	243 m – sudoeste
9	Vila Operária	31° 27’ 19,4” S	53° 39’ 34,6” W	255 m – norte
11	Posto de saúde 8 de agosto	31° 40’ 22,1” S	53° 49’ 14,5” W	196 m – sudoeste
12	Pedras Altas	31° 43’ 44,3” S	53° 35’ 44,9” W	391 m – sudeste

* acima do nível do mar.

** em relação à usina termelétrica.

No período compreendido entre novembro de 2016 a julho de 2017 foram realizadas quatro visitas à região para coleta de amostras de folhas e ou parte aérea de três espécies herbáceas nativas da região e ocorrentes em todos ou na maioria dos locais de amostragem (Tabela 7.2). As espécies amostradas foram: *Elephantopus mollis* (Asteraceae), *Baccharis trimera* (Asteraceae) e *Paspalum notatum* (Poaceae). As espécies *B. trimera* e *P. notatum* são conhecidas popularmente como, carqueja e grama-forquilha, respectivamente.

Tabela 7.2 - Cronograma da coleta de amostras de plantas na rede de amostragem.

Coleta	Data
1ª	12 a 13 / novembro / 2016
2ª	7 a 8 / janeiro / 2017
3ª	8 a 9 / abril / 2017
4ª	8 a 9 / julho / 2017

Em cada campanha amostral, as amostras foram coletadas em dois dias de trabalho de campo e acondicionadas em sacos de plásticos. No laboratório, as amostras foram submetidas a uma triagem para separação de folhas e partes verdes (carqueja) de restos de raízes, caules, solo e acondicionadas em sacos de papel para envio ao laboratório Greenlab, responsável pela preparação das amostras e análise.

No laboratório de análise foi obedecido o seguinte procedimento para preparação das amostras para análises:

1. Amostras de *E. mollis* e *B. trimera* lavadas em água corrente e colocadas em banho ultrassom com água desionizada por 2 minutos e enxaguadas três vezes com água desionizada.
2. Amostras *P. notatum* divididas em subamostras (lavado e não-lavado)
3. Amostras de *P. notatum* (lavado) procedimento igual ao das amostras de *E. mollis* e *B. trimera* e amostras de *P. notatum* (não-lavado) lavadas unicamente com água corrente para retirar o solo aderido às folhas.
4. As amostras secas em estufa à 60ºC por 48 horas e moídas em peneira de 20 mesh.

Os parâmetros analisados nas amostras foram:

1. teores de cádmio, chumbo e zinco em todas as amostras;
2. enxofre apenas em amostras de *E. mollis*, *B. trimera* e *P. notatum* (lavado);
3. fluoreto em todas as amostras de *P. notatum*.

Biomonitoramento ativo

Ramos de árvores cobertos com liquens dos gêneros *Ramalina sp*., *Parmotrema sp*. e *Teloschistes sp*., dentre outros, foram coletados na Reserva Particular do Patrimônio Natural Barba Negra de propriedade da CMPC Celulose Riograndense distante a aproximadamente 40 km ao sul de Porto Alegre (RESERVA Barba Negra – Celulose Riograndense, 2017). O local foi escolhido por apresentar uma área preservada e distante de fontes conhecidas de poluentes atmosféricos capazes de contaminar os espécimes amostrados.

Os ramos foram separados em porções entre 20-30 cm de comprimento e divididos em grupos formados por quantidades aproximadamente equivalentes de liquens dos três gêneros acima citados. Quantidades equivalentes das três espécies de liquens foram colocadas em uma bolsa de 30 × 40 cm de comprimento confeccionada em tela plástica preta com abertura de malha de 2 cm.

As bolsas contendo os liquens foram penduradas em galhos sob a copa de árvores, uma em cada local da rede de amostragem constante da tabela 7.1. Além destes locais, uma bolsa foi colocada também junto à estação de monitoramento automático da qualidade do ar localizada no bairro Dario Lassance (antiga EA 6 – Latitude 31° 32’ 45,7” S / Longitude 53° 42’ 43,8” W).

Conforme o cronograma constante no item 3.4 do Plano de Monitoramento para os Bioindicadores da Qualidade do Ar a exposição dos liquens deveria ocorrer em novembro de 2016 e a coleta das amostras em julho seguinte. Em decorrência da dificuldade de obtenção de exemplares de liquens provenientes de um local isento de contaminação ambiental a exposição dos indicadores ativos só teve início em janeiro de 2017 atrasando o plano de execução e a previsão de coleta das amostras planejada para ser realizada na coleta de julho de 2017.

Resultados anteriores indicam que períodos iguais ou menores do que seis meses de exposição são insuficientes para que os liquens acumulem quantidades significativas de elementos-traço que permitam a discriminação dos sítios de amostragem. Por exemplo, na exposição de *Ramalina celastri* nos anos de 2011-2012, amostras desse líquen contendo inicialmente 39,1 mg kg^{-1} de Zn exibiram 23,1 e 28,2 mg kg^{-1} de Zn em média, após dois e cinco meses de exposição, respectivamente. Os liquens expostos apresentaram teores médios de zinco de 59,5 mg kg^{-1} – superiores ao teor presente inicialmente – somente após oito meses de exposição. Aparentemente, a remoção dos liquens de seu sítio original e transferência para outro local conduz a uma redução inicial no teor dos elementos-traço constitutivos que é retomada posteriormente com o passar do tempo de exposição.

Diante do conhecimento dessas características desses organismos optou-se por postergar a coleta dos mesmos, de modo a não prejudicar a obtenção de resultados significativos, pois de outra maneira os resultados da exposição seriam inúteis para corroborar os resultados do biomonitoramento passivo.

Resultados

Em comparação com as outras duas espécies, *E. mollis* apresentou os teores mais elevados de cádmio nas folhas (Figura 7.1). Os teores de cádmio variaram entre 0,09 e 2,5 mg kg^{-1}, < 0,06 e 0,48 mg kg^{-1} e < 0,06 e 0,10 mg kg^{-1} em *E. mollis*, *B. trimera* e *P. notatum*, respectivamente.

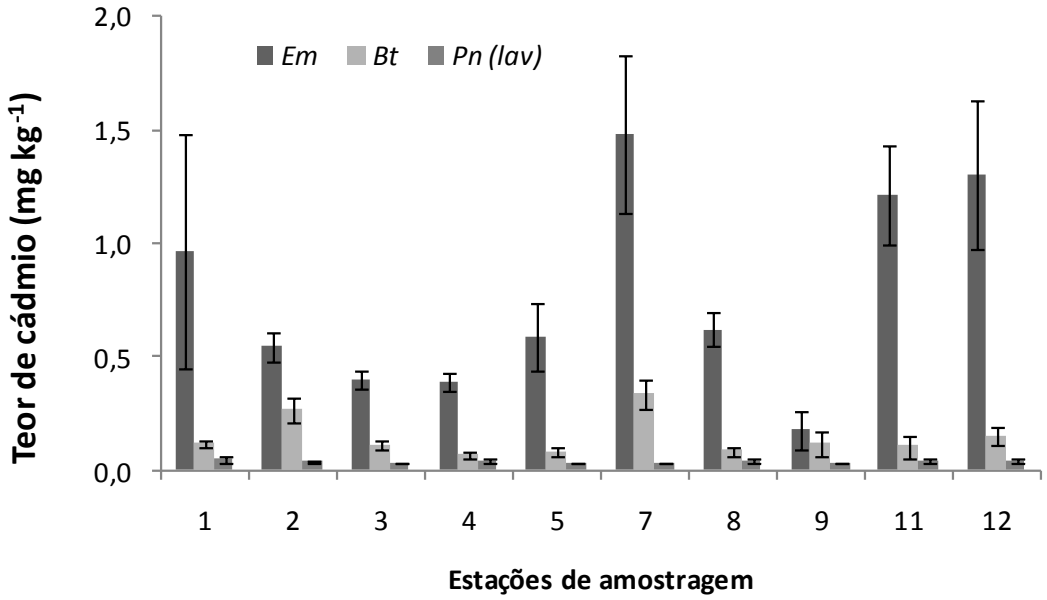


Figura 7.1 - Teores médios de cádmio (mg kg^{-1}) em *E. mollis* (*Em*), *B. trimera* (*Bt*) e amostras lavadas de folhas de *P. notatum* (*Pn* lav).

Embora tenha havido uma tendência das folhas de *E. mollis* apresentarem de teores mais elevados de cádmio na coleta realizada em julho de 2017, especialmente nas EAs 1, 7 e 11, a análise estatística não detectou diferenças significativas entre as coletas (Figura 7.2). Entretanto, observaram-se diferenças significativas entre os teores médios de cádmio das plantas das diferentes estações de amostragem. O emprego de um teste de comparação múltipla menos conservador (teste da diferença mínima significativa de Fisher) permitiu detectar que os teores médios de cádmio das plantas de *E. mollis* das EAs 7 e 12 diferiram significativamente das médias das plantas das EAs 2, 3, 4, 5, 8 e 9, enquanto o teor médio das plantas da EA 11 diferiu significativamente dos teores de cádmio das plantas das EAs 2, 3, 4 e 9.

A despeito do elevado valor de cádmio observado na última coleta nas folhas de *E. mollis* da EA 1 (2,5 mg kg^{-1} em julho de 2017), o teor médio das plantas dessa estação de amostragem não apresentou diferença significativa com os teores médios das plantas das demais estações de amostragem.

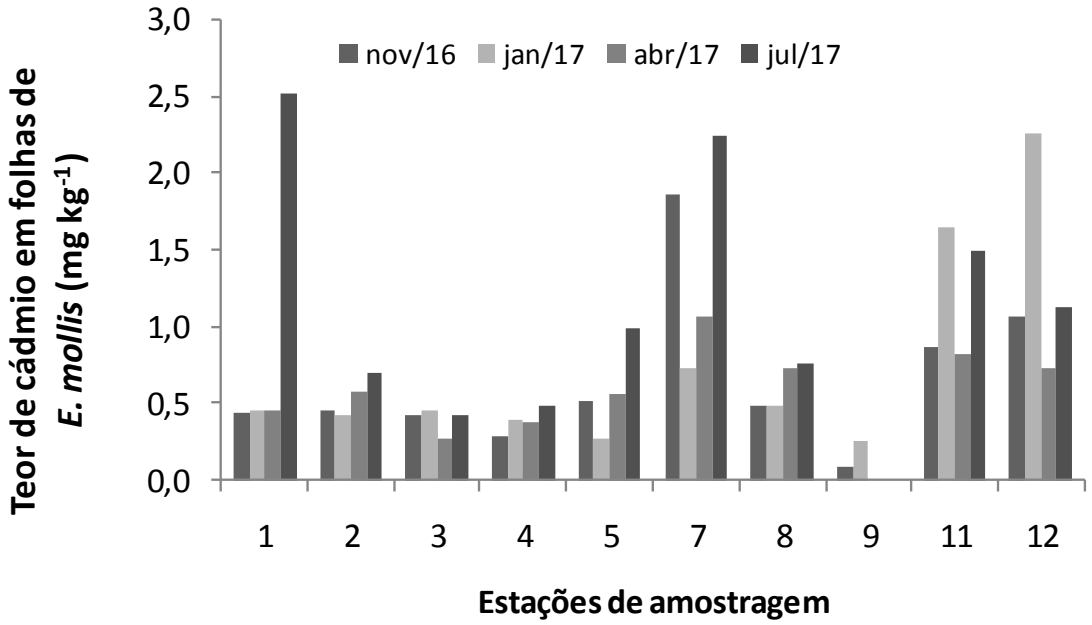


Figura 7.2 - Teores de cádmio (mg kg^{-1}) em folhas *E. mollis* (*Em*).

As espécies *E. mollis* e *P. notatum* apresentaram os teores mais elevados de chumbo nas folhas (Figura 7.3). Os teores de chumbo variaram entre < 0,37 e 11 mg kg^{-1}, < 0,37 e 2,8 mg kg^{-1} e < 0,37 e 1,3 mg kg^{-1} em *E. mollis*, *P. notatum* e *B. trimera*, respectivamente. Não houve diferença significativa nos teores médios de chumbo entre as estações de amostragem em qualquer uma das espécies. Entretanto, é importante mencionar que o teor mais elevado de chumbo foi encontrado em folhas de *E. mollis* na estação de amostragem localizada na Fazenda Eugênio Fagundes próximo à mineração de calcário.

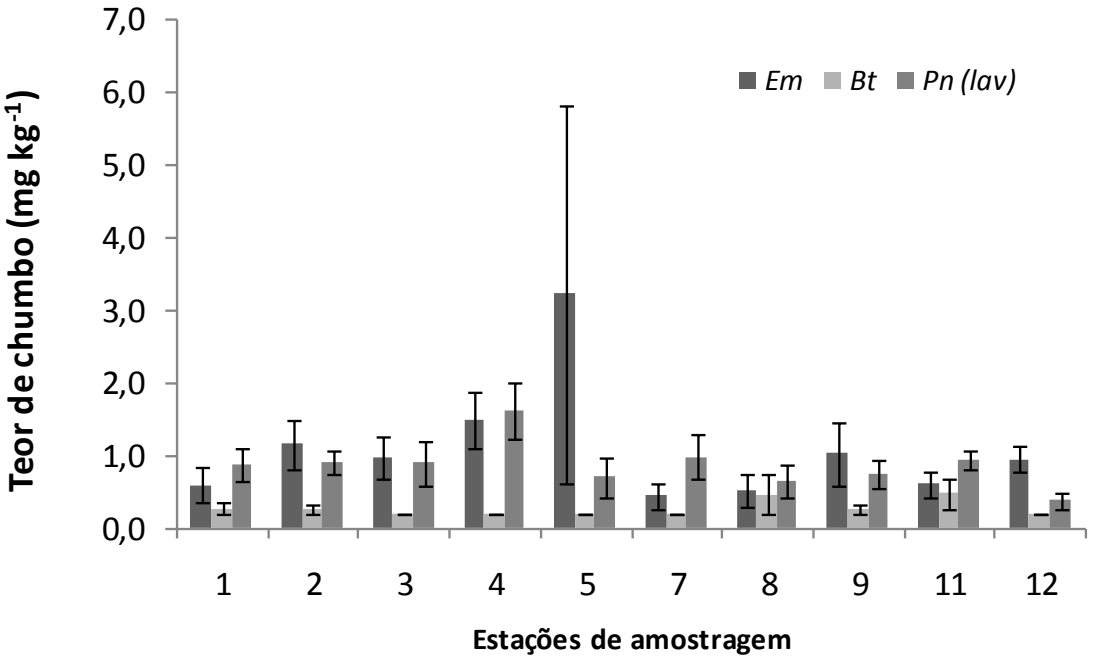


Figura 7.3 - Teores médios de chumbo (mg kg^{-1}) em *E. mollis* (*Em*), *B. trimera* (*Bt*) e amostras lavadas de folhas de *P. notatum* (*Pn* lav).

Os teores de chumbo variaram significativamente entre as amostras lavadas e não lavadas de *P. notatum* (Figura 7.4) com as amostras lavadas apresentando teores médios menores do que os teores das amostras não lavadas dos mesmos locais de amostragem. As diferenças foram mais evidentes, particularmente, nas médias das EAs 5 e 12.

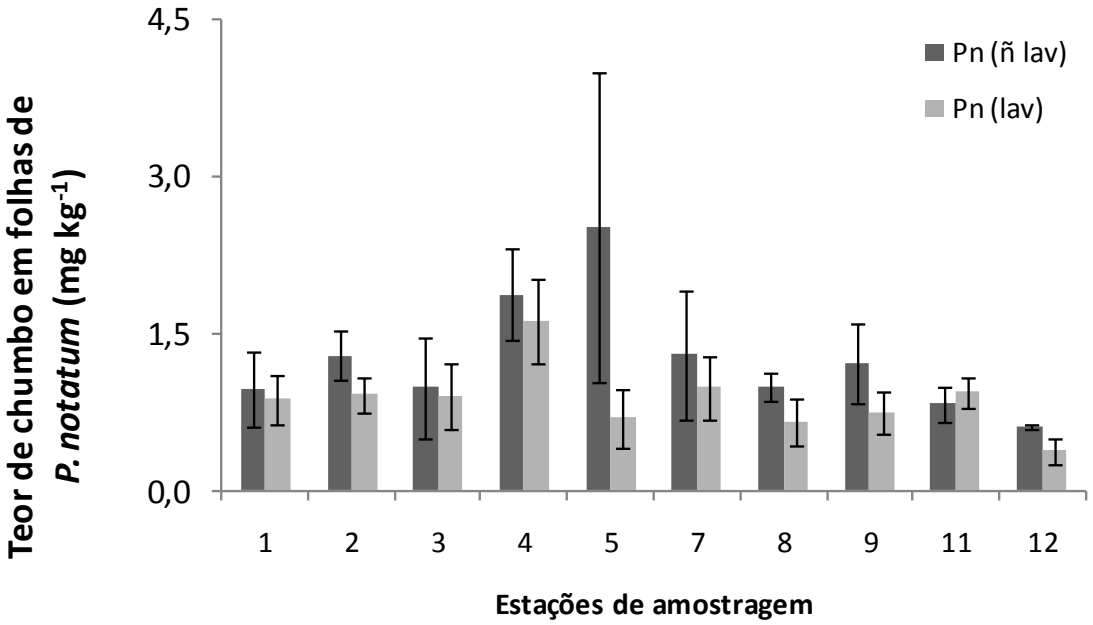


Figura 7.4 - Teores médios de chumbo (mg kg^{-1}) em amostras lavadas e não lavadas de folhas de *P. notatum*.

Não foi encontrada correlação estatisticamente significativa entre os teores de chumbo das amostras lavadas e não lavadas de *P. notatum* (Figura 7.5).

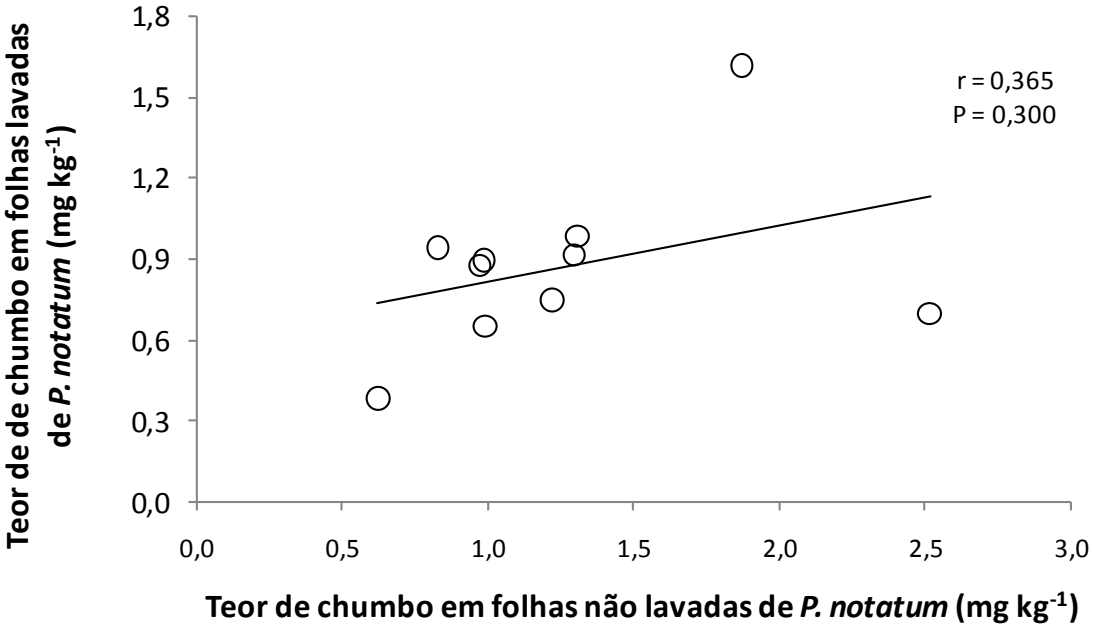


Figura 7.5 - Correlação entre os teores médios de chumbo (mg kg^{-1}) de folhas lavadas e não lavadas de *P. notatum*.

De maneira geral, *E. mollis* apresentou os teores mais elevados de zinco, seguida por *B. trimera* e finalmente *P. notatum* com os menores teores de zinco entre as três espécies amostradas (Figura 7.6). Os teores de zinco variaram entre 38,4 a 191 mg kg^{-1}, 19,6 a 148 mg kg^{-1} e 13,2 a 44,5 mg kg^{-1} em *E. mollis*, *B. trimera* e *P. notatum*, respectivamente.

As plantas de *E. mollis* das EAs 2, 8, 11 e 12 apresentaram teores médios de zinco nas folhas significativamente maiores em comparação ao teor médio das plantas da EA 1.

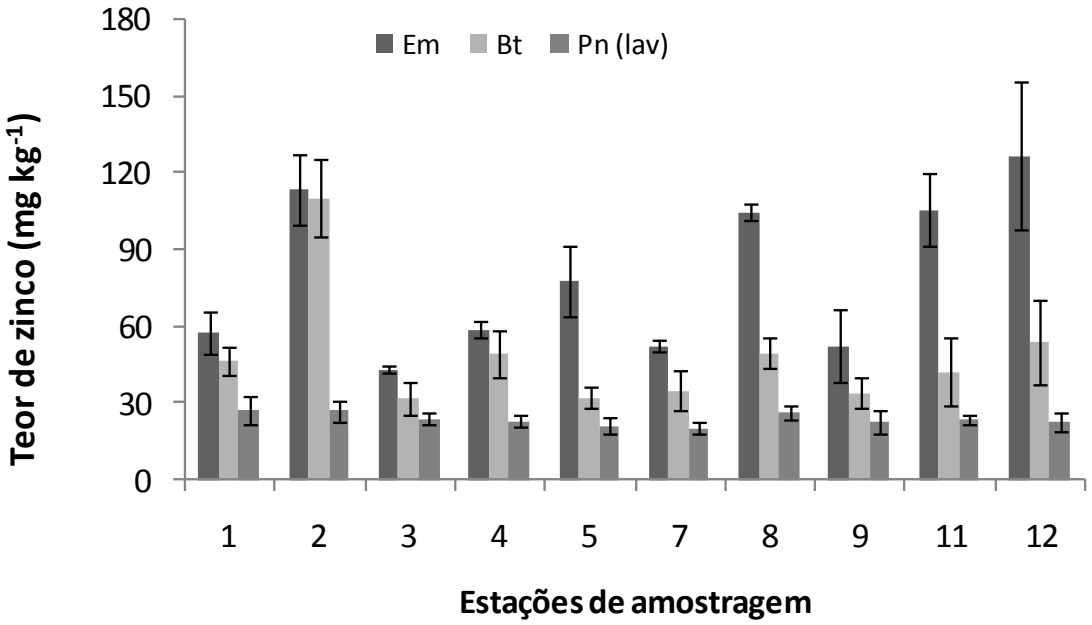


Figura 7.6 - Teores médios de zinco (mg kg^{-1}) em folhas de *E. mollis* (*Em*), *B. trimera* (*Bt*) e amostras lavadas de folhas de *P. notatum* (*Pn* lav)

O padrão de distribuição espacial dos teores de zinco foi aproximadamente semelhante entre as espécies *E. mollis* e *B. trimera*, especialmente na EA 2, na qual as plantas de ambas as espécies apresentaram teores médios bastante aproximados. Porém, não houve correlação estatística significativa entre os teores desse elemento-traço entre as duas espécies como indicado na figura 7.7.

Por outro lado, os teores médios de zinco de amostras lavadas e não lavadas de *P. notatum* apresentaram correlação estatisticamente significativa conforme exibido na figura 7.8.

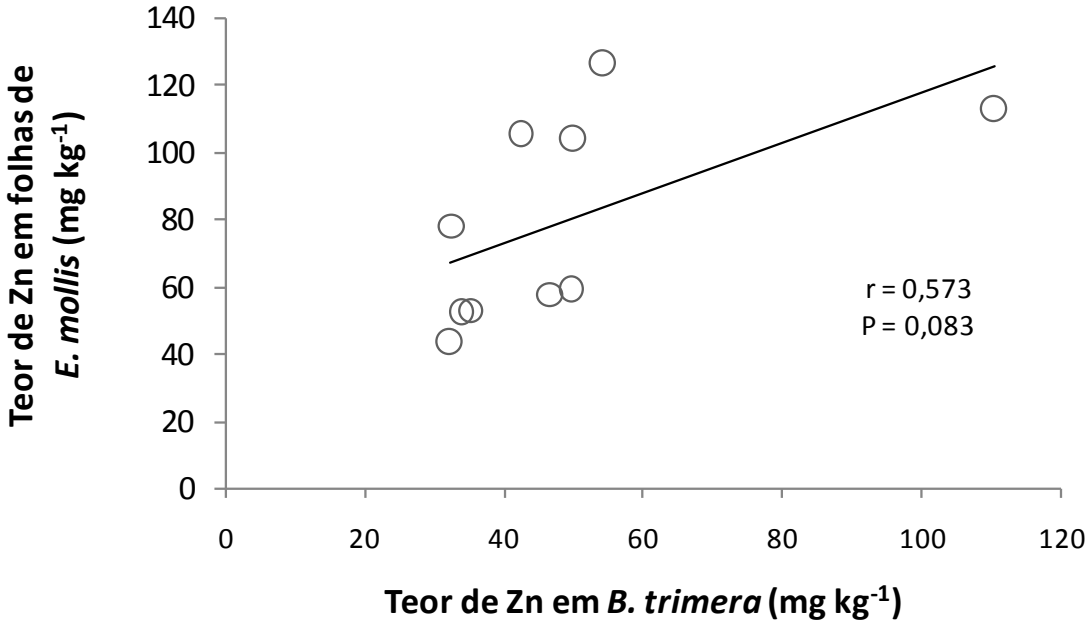


Figura 7.7 - Correlação entre os teores médios de zinco (mg kg^{-1}) em folhas de *E. mollis* e caules alados de *B. trimera*.

Os teores de enxofre foram aproximadamente equivalentes nas três espécies amostradas (Figura 7.9). Os teores de enxofre variaram entre 0,16 a 0,36%, 0,14 a 0,30% e 0,11 a 0,39% em *E. mollis*, *P. notatum* e *B. trimera*, respectivamente.

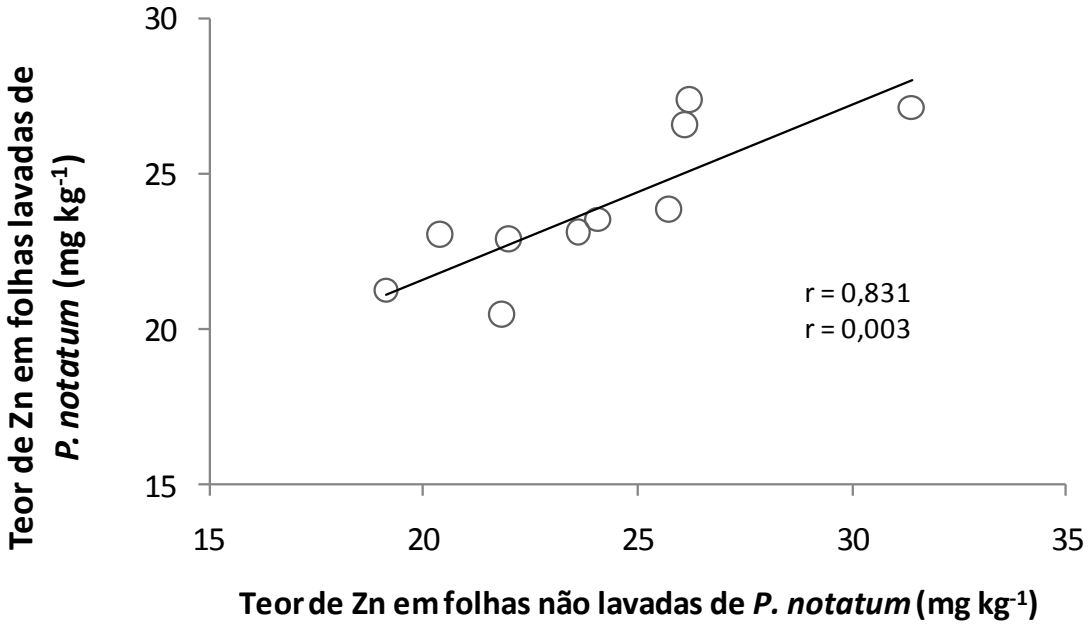


Figura 7.8 - Correlação entre os teores médios de zinco (mg kg^{-1}) em folhas lavadas e não lavadas de *P. notatum*.

Assim como indicado acima, o emprego do teste de Fisher permitiu a discriminação de diferenças significativas entre médias, especialmente, entre os teores médios de enxofre de *E. mollis* nas EAs 7 e 1.

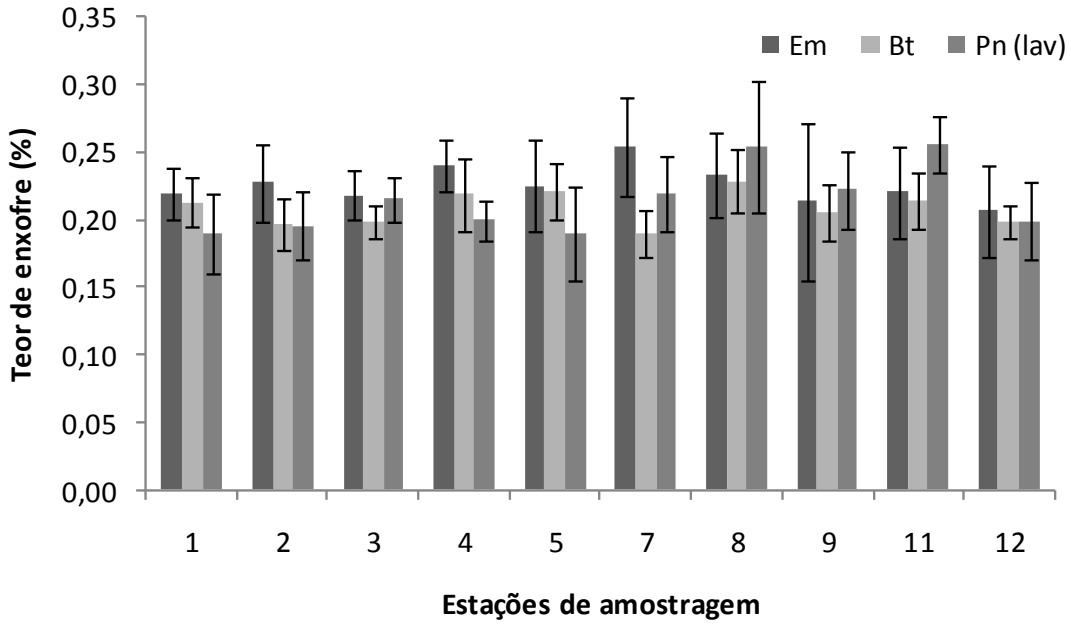


Figura 7.9 - Teores médios de enxofre (%) em *E. mollis* (*Em*), *B. trimera* (*Bt*) e amostras lavadas de folhas de *P. notatum* (*Pn* lav)

Os teores de fluoreto em *P. notatum* variaram entre < 0,05 a 1,5 mg kg^{-1} em amostras lavadas e < 0,05 a 0,92 mg kg^{-1} em amostras não lavadas (Figura 7.10). As médias apresentaram desvios elevados uma vez que nas duas primeiras de amostragem mais da metade das amostras de folhas lavadas de *P. notatum* apresentaram teores de fluoreto inferiores ao limite de detecção e o mesmo ocorreu em todas as amostras não lavadas da gramínea. Valores significativos de fluoreto só começaram a ser encontrados com maior frequência nas duas últimas campanhas de amostragem realizadas neste ano.

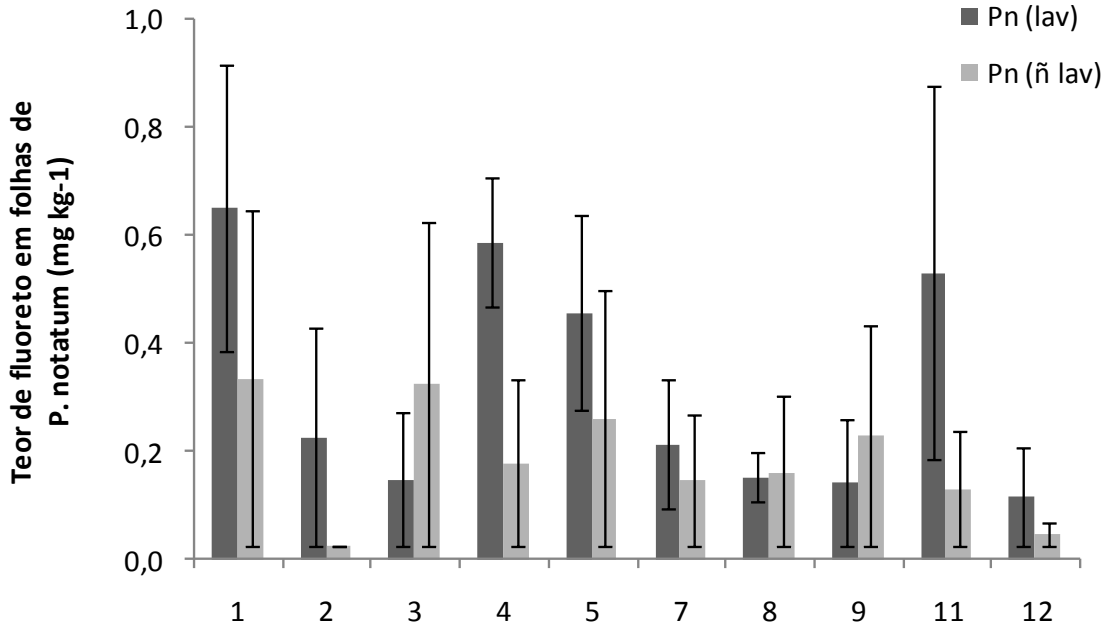


Figura 7.10 - Teores médios de fluoreto (mg kg^{-1}) em amostras lavadas e não lavadas de folhas de *P. notatum* (*Pn* lav) e (*Pn* ñ lav), respectivamente

Discussão

O carvão mineral extraído da mina de Candiota, assim como os demais carvões em todo o mundo, contém na forma de impurezas quantidades variáveis de inúmeros elementos-traço. Na tabela 7.5 são apresentados os teores dos elementos analisados neste monitoramento e que estão presentes nas cinzas e no carvão mineral queimado na usina termelétrica de Candiota.

Tabela 7.5 - Teores de elementos-traço no carvão mineral extraído da mina de Candiota/RS.

Elemento-traço	Carvão	Cinza leve	Cinza pesada
Cádmio	0,4[b] - 0,5[a] mg kg^{-1}	0,55[b] -1,2[a] mg kg^{-1}	0,3[a] – 0,43[b] mg kg^{-1}
Chumbo	17,9[b] - 20,5[a] mg kg^{-1}	26,2[b] - 41,1[a] - mg kg^{-1}	14,7[b] - 19,2[a] mg kg^{-1}
Zinco	45[a]- 56,7[b] mg kg^{-1}	77[a] – 83,6[b] mg kg^{-1}	42,8[b] - 47[a] mg kg^{-1}
Flúor	100-560[a]- mg kg^{-1}	-	-
Enxofre	0,96[a]- 1,82[b] %	0,12[b] - 0,80[a] %	0,10[a] – 1,51[b] %

Fonte: Pires & Queirol (2004)[a]; Depoi et al. (2008)[b]

Com a combustão do carvão, os elementos-traço dispersam-se no ambiente vizinho à usina associados às cinzas leves. O conteúdo de elementos-traço nas cinzas leves e pesadas depende de uma série de fatores relacionados à concentração e distribuição geoquímica dos elementos no carvão e a combustão e tecnologias de controle da poluição utilizadas (Pires & Querol, 2004). Elementos-traços, cujos teores estão enriquecidos nas cinzas leves – especialmente cádmio, chumbo e principalmente o enxofre – volatilizam parcialmente durante a combustão do carvão e se condensam à medida que a temperatura diminui, principalmente sobre as partículas menores, as quais se resfriam mais rapidamente, ou são emitidos, em diferentes proporções, como espécies gasosas (Pires & Querol, 2004; Depoi et al., 2008).

A distribuição espacial dos teores dos elementos-traço associados às cinzas leves ou na forma de emissões gasosas – especialmente o enxofre - na vegetação das vizinhanças da usina apresentou o mesmo padrão encontrado em anos anteriores de biomonitoramento, no qual os teores mais elevados distribuíram-se ao longo do gradiente de distância crescente da usina termelétrica formado pelas estações de amostragem EAs 8, 2, 7 e 11.

Esse padrão é corroborado pelos resultados encontrados em estudos sobre a precipitação seca e úmida na região (Migliavacca et al., 2004; Migliavacca et al., 2005; Teixeira et al., 2008). Segundo Teixeira et al. (2008), a precipitação úmida (chuva) é o fator mais efetivo na remoção do material particulado e dos poluentes gasosos dissolvidos na atmosfera. Em um estudo similar sobre a dispersão das emissões da usina termelétrica Figueira no Estado do Paraná, Flues et al. (2008) observou que a operação da usina aumentou a concentração de As, Cd, Mo, Pb e Zn no solo superficial das vizinhanças (até 1 km da usina). Dessa forma, a deposição das emissões atmosféricas provenientes de usinas termelétricas, seja diretamente sobre a vegetação ou solo, pode possibilitar a absorção e o enriquecimento da vegetação das vizinhanças com elementos-traço transportados pelas emissões.

Em um estudo sobre a precipitação úmida na região circunvizinha à usina termelétrica de Candiota (Migliavacca et al., 2004) constatou-se que o Zn exibiu uma concentração média maior do que os outros elementos, seguido pelo Fe e Al; nesse estudo, os autores atribuíram as elevadas concentrações de Zn na chuva às emissões deste elemento provenientes da Usina Termelétrica de Candiota, pois estudos estimaram em 72 t ano^{-1} de Zn, sendo aproximadamente 20 vezes mais elevado que em termométricas da Holanda e Estados Unidos.

Resultados de pH da chuva na região de Candiota revelaram a ocorrência de precipitação levemente ácida, onde 42% das amostras de precipitação atmosférica analisadas apresentaram pH entre 4,0 e 5,6. Dentre as quatro estações estudadas, a estação Pedras Altas foi a que apresentou maior percentual de acidez (Migliavacca et al., 2005). Nesse estudo, os autores sugerem que a concentração mais elevada Zn nas amostras de precipitação úmida encontrada na estação 8 de Agosto pode estar relacionada aos valores de pH mais baixos anteriormente relatados, uma vez que este elemento pode exibir uma solubilidade maior do que os outros elementos analisados. Este local, situado a 18 km a sudoeste da usina, está localizado na direção predominante do vento na região (NE). Segundo Paz et al.

(2007), a topografia da região favorece a canalização em baixos níveis no transporte de poluentes que, ao serem arrastados em direção nordeste, são forçados a entrar no pequeno vale, possibilitando o transporte de poluentes para outras regiões, principalmente as localizadas a sudoeste da usina.

Ainda que os resultados do presente estudo tenham exibido evidências do enriquecimento da vegetação com elementos-traço associados às emissões da usina termelétrica, os teores encontrados apresentaram a mesma escala de magnitude dos teores encontrados em pastagens de regiões próximas à Candiota, como demonstram os teores de enxofre e zinco constantes na tabela 7.6.

Tabela 7.6 - Teores minerais de enxofre e zinco em pastagens do estado do Rio Grande do Sul.

Elemento mineral	Faixa de concentrações	Média
Enxofre (%)		
Aceguá	0,16 – 0,21	0,19
Bagé	0,15 – 0,22	0,19
Zinco (ppm)		
Aceguá	20 – 26	23
Bagé	15 – 25	19

Fonte: Senger et al. (1997)

A análise dos teores de fluoreto não foi conclusiva devido à elevada variação nos teores foliares de *P. notatum* em todas as estações de amostragem. Esse resultado pode ser devido à planta utilizada no biomonitoramento, pois de acordo com Martins et al. (1992) há um claro indício que a usina termelétrica tem influência sobre a concentração de fluoreto nas pastagens, mas os dados desses autores também indicam que a pastagem escolhida para o biomonitoramento atual (*P. notatum*) não é uma boa acumuladora de fluoreto.

Conclusões

A vegetação do entorno à usina termelétrica de Candiota é enriquecida em elementos-traço – particularmente cádmio e zinco – em um padrão espacial

que é coerente com a dispersão da pluma de emissões atmosféricas da usina na direção dos ventos predominantes na região.

O compartimento ambiental monitorado, indicadores vegetais da qualidade do ar, tem como responsável técnico bem como pelas informações prestadas nesse relatório síntese de atividades o biólogo Dr. Armando Molina Divan Junior.

Referências Bibliográficas

Braga, C. F.; Teixeira, E. C. & Alves, R. C. M. (2004) Estudo de aerossóis atmosféricos e aplicação de modelos numéricos. *Química Nova* 27: 567-573.

Braga, C. F.; Teixeira, E. C.; Yoneama, M. L. & Dias, J. F. (2004) Study of the elemental composition of aerosols in the Candiota region of Brazil using the PIXE technique. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B 225: 561–571.

CGTEE - Candiota (2017) Disponível em <http://cgtee.gov.br/UNIDADES/CANDIOTA/>. Acesso em: 23 setembro 2017.

Corrêa da Silva, Z. C. (1993) Candiota coalfield: a world class Brazilian coal deposit. *International Journal of Coal Geology* 23: 103-116.

Depoi, F. S.; Pozebon, D. & Kalkreuth, W. D. (2008) Chemical characterization of feed coals and combustion-by-products from Brazilian power plants. *International Journal of Coal Geology* 76: 227–236

Flues, M.; Sato, I. M.; Cotrim, M. B.; Figueiredo Filho, P. M. & Camargo, I. M. C. (2008) Avaliação da influência da operação termoelétrica a carvão na concentração dos metais e As no solo de Figueira, PR – Brasil. *Química Nova* 31: 25-30.

Martins, A. F.; Schwingel, E.; Filho, A. A. & Flores, E. M. M. (1992) Concentração de flúor em diferentes espécies de pastagens da região carboelétrica de Candiota – RS. *Ciência Florestal* 2: 119-132.

Migliavacca, D. M.; Teixeira, E. C.; Machado, A. C. M. & Pires, M. R. (2005) Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil – Estudo preliminar. *Química Nova* 28: 371-379.

Migliavacca, D.; Teixeira, E. C.; Pires, M. & Fachel, J. (2004) Study of chemical elements in atmospheric precipitation in South Brazil. *Atmospheric Environment* 38: 1641-1656.

Paz, S. R.; Alves, R. C. M.; Teixeira, E. C. & Dallarosa, J. B. (2007) Utilização de modelagem numérica para o estudo da dispersão de poluentes emitidos pela Usina Termoelétrica Presidente Médici. *Química Nova* 30: 1609-1615.

Pires, M. & Querol, X. (2004) Characterization of Candiota (South Brazil) coal and combustion by-product. *International Journal of Coal Geology* 60: 57-72.

RESERVA Barba Negra – Celulose Riograndense, 2017 pdf. Disponível em < http://www.celuloseriograndense.com.br/responsabilidade/reserva-barba-negra>. Acesso em: 23 setembro 2017.

Senger, C. C. D.; Sanchez, L. M. B.; Pires, M. B. G. & Kaminski, J. (1997) Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. II. Sódio, enxofre, zinco, cobre, ferro e manganês. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 32: 101-108.

Teixeira, E. C.; Migliavacca, D.; Pereira Filho, S.; Machado, A. C. M. & Dallarosa, J. B. (2008) Study of wet precipitation and its chemical composition in South of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 80: 381-395.

Anexos



Anexo 1 - Coleta de amostras na EA 1 (Serra do Veleda).



Anexo 2 - Coleta de amostras na EA 12 (município de Pedras altas).



Anexo 3 - Vista da usina termoelétrica a partir da EA 3 (Candiotão).



Anexo 4 - Exposição dos bioindicadores ativos (liquens) na Chácara Santa Clara.



Anexo 5 - Exposição dos bioindicadores ativos junto ao posto de saúde 8 de agosto.

8. ATIVIDADE PECUÁRIA

Monitoramento para a Atividade Pecuária (Ovinos).

a) Distribuição das Estações Amostrais e Parâmetros Monitorados

As Estações Amostrais, identificadas pelo número 1 a 5, estão apresentadas na figura 8.1 e seguem sendo as mesmas monitoradas no período de 2012 a 2015.

O monitoramento da atividade pecuária teve como objetivo específico avaliar o impacto sobre o rebanho ovino, na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota. Para tanto, solo, extrato vegetal e animais foram monitorados.

As propriedades que representam as estações amostrais foram escolhidas de acordo com a quantidade de ovinos existentes, assim como pela predisposição dos produtores em deixar os seus animais serem avaliados pelos pesquisadores uma vez que, para a realização de atividades com animais de produção, esta deverá ocorrer com a presença do proprietário ou capataz da unidade produtiva.

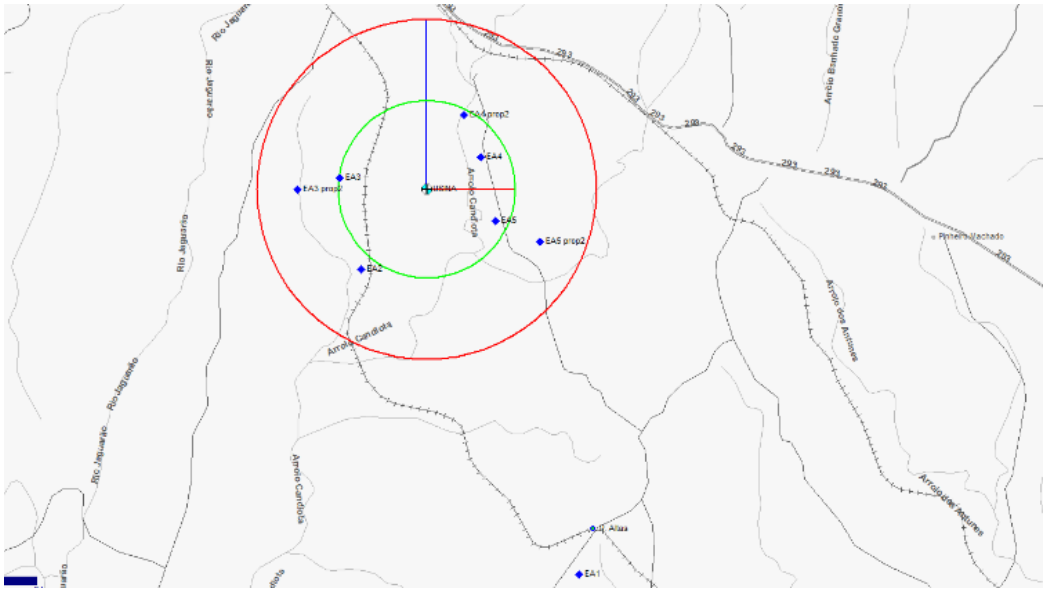


Figura 8.1 - Unidades amostrais, o círculo verde representa um raio de 5 Km de distância da usina e o vermelho, 10 km.

b) Trabalho de Campo

O monitoramento foi realizado no período de outubro de 2016 a julho de 2017, sendo realizadas quatro campanhas amostrais. O clima da região apresentou temperaturas diárias mínima de 5ºC e máxima de 32ºC (Figura 8.2).

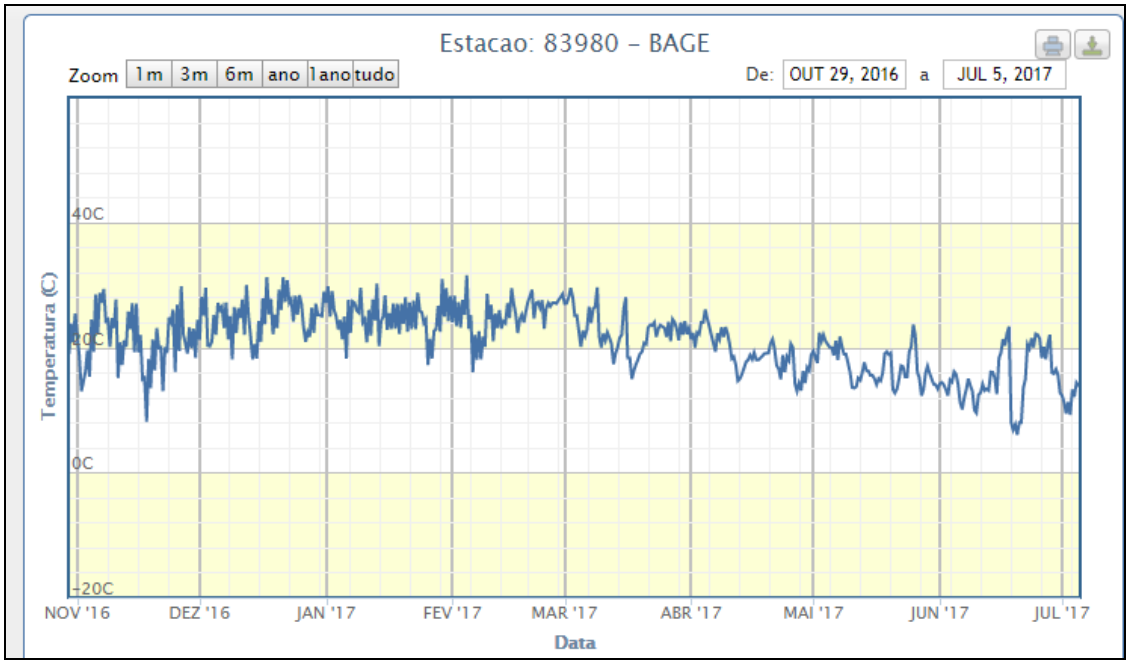


Figura 8.2 – Temperatura diária na Estação Convencionla Bagé – INMETRO, no período de novembro de 2016 a julho de 2017.

A região apresentou precipitações regulares no período, caracterizando-se como chuvosa a extremamente chuvosa (Figura 8.3) e média de 105,17mm (Climate-data, 2017).

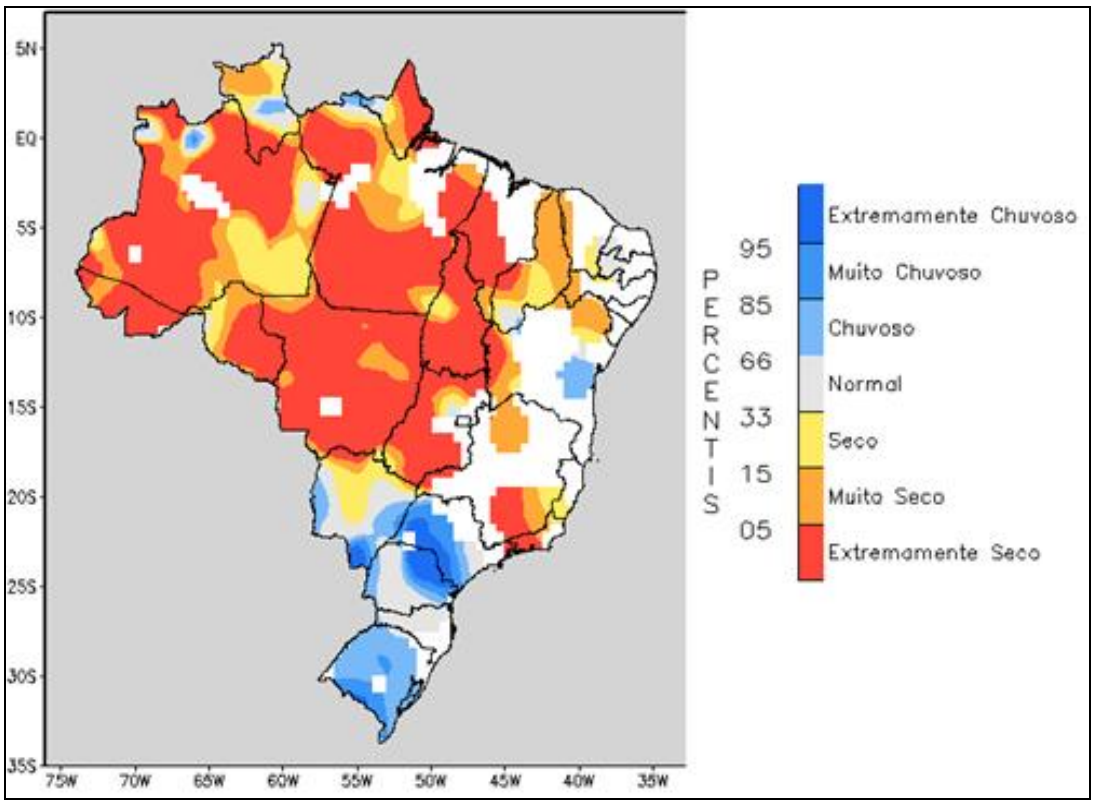


Figura 8.3 – Dados de precipitação observada no período de outubro de 2016 a setembro de 2017. Fonte: Inmet

A direção predominante dos ventos é no sentido Nordeste, segundo a estação metereológica de Pelotas, e indefinido (variável), segundo a estação de Bagé (Tabela 8.1).

Tabela 8.1 – Direção predominante dos ventos (1961 a 1990).

Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jull	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Bagé	Indef.	SE	Indef.	Calmo	Calmo	Calmo	NE	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.
Pelotas	NE	NE	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	NE	NE	NE	Calmo

Fonte: Inmet; NE-Nordeste;

Considerando o período de amostragem (novembro de 2016 a julho de 2017), observa-se grande variabilidade na dreção dos ventos, com direção Norte (código 36, picos maiores na Figura 8.4) e Nordeste (código 5, picos menores na Figura 8.4). Esta variabilidade implica em possível dispersão de particulados em diferentes direções sendo que a maior velocidade do vento no período foi 7 m/s.

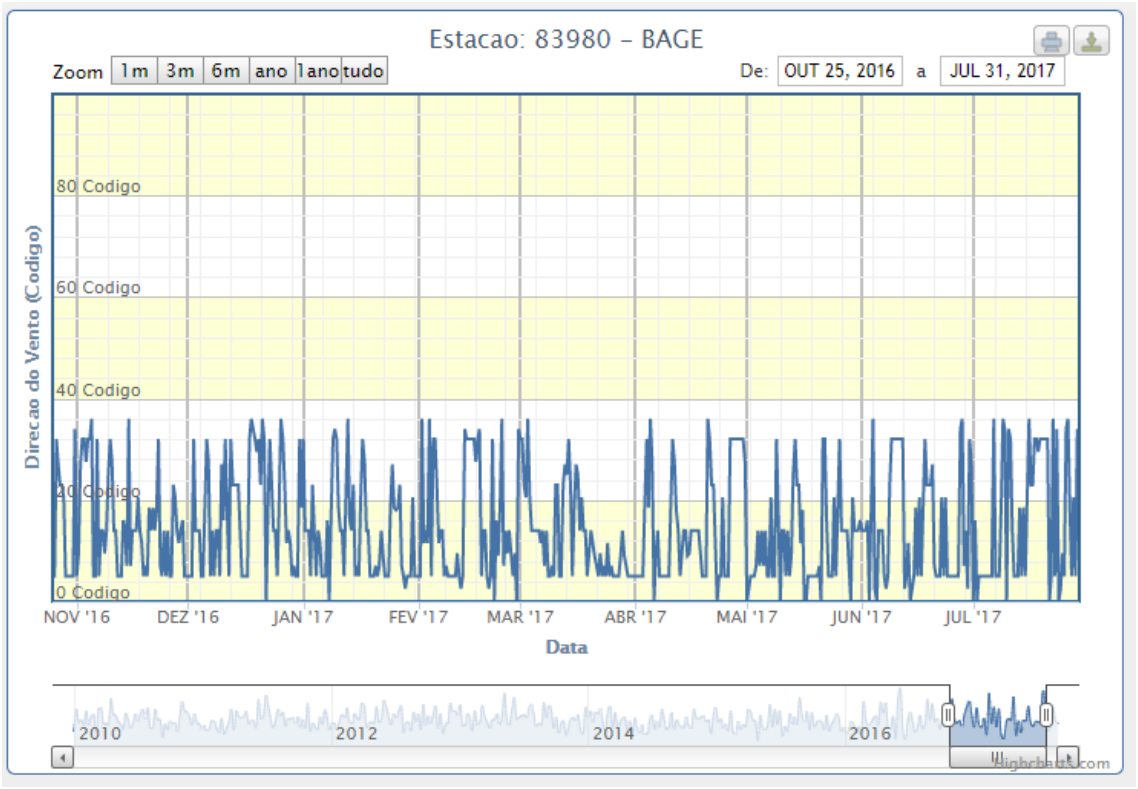


Figura 8.4 – Direção dos ventos observada no período de outubro de 2016 a julho de 2017. Fonte: Inmet

O vento é o principal responsável pela dispersão horizontal da poluição atmosférica e está diretamente ligada ao processo de dispersão turbulenta (Santos, 2016). Poeiras podem apresentar poder poluidor até 14km de distância da origem na direção dos ventos predominantes e os pastos podem conter de 20 a 50mg de flúor.kg (Rodostis et al., 2002).

Riet-Correa et al. (1986) identificaram lesões dentárias em ovinos e bovinos criados entre 1,2 e 9,6 km de distância de usina termielétrica.

Para realização das atividades de monitoramento, utilizou-se em um turno (manhã ou tarde) em cada Estação Amostral.

As atividades foram programadas com antecedência de sete dias e confirmadas com 24 a 48 horas, visando disponibilidade dos proprietários e ou responsáveis pelo rebanho.

c) Técnicas de amostragem

Solo

Utilizou-se amostragem ao acaso (Coelho, 2003), selecionando-se de cada EA uma área homogênea onde se encontravam animais em pastoreio (Squiba et al., 2007).

O procedimento para amostragem do solo constitui-se na coleta de um mínimo de 25 unidades amostrais de solo superficial, de 0 a 20 cm de profundidade, com auxílio de instrumento apropriado, que foram colocadas em um recipiente para homogeneização (Figura 8.5) e formação da amostra composta (totalizando cerca de 500g de solo). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos identificados por EA. As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório Green Lab. Análises químicas e toxicológicas para quantificação de fluoretos e sílica, respectivamente pelos métodos analíticos SM 4500 F-D e cálculo Estequiométrico.



Figura 8.5 - Amostragem de solo

Extrato vegetal

Em cada EA foi coletada uma amostra representativa de *Paspalum notatum* Flueggé (grama forquilha, Poaceae), espécie nativa representativa da pastagem natural da área de estudo.

Por amostra representativa entendeu-se uma amostra constituída por no mínimo 18 unidades amostrais (Figura 8.6), as quais foram reunidas para formar uma amostra composta.

As amostras foram coletadas e armazenadas em bolsas plásticas identificadas e mantidas sob refrigeração até o processamento em laboratório (Green Lab. Análises químicas e toxicológicas) para avaliação dos teores de fluoreto e sílica na planta inteira, pelos métodos analíticos SM 4500 F-D e cálculo Estequiométrico, respectivamente.



Figura 8.6 - Amostragem de *Paspalum notatum* Flueggé.

Animais

Para constituírem o grupo amostral, selecionaram-se animais preferencialmente com mais de dois anos de idade e criados por, no mínimo, dois anos na propriedade ou nascidos nesta (Figura 8.7).



Figura 8.7 - Rebanho ovino amostrado (EA3)

Aumentou-se o número de animais amostrados, comparados aos monitoramentos anteriores (20 ovinos), para melhor avaliação dos dados encontrados. Neste sentido, foram amostrados 389 ovinos (Tabela 8.3), no período, resultando numa média de 78±7 animais por estação amostral.

Tabela 8.3 - Número de ovinos monitorados em cada Estação Amostral (EA).

Espécie	**Estações Amostrais**					
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	**Total**
ovinos	73	85	85	70	75	**389**

Todos os animais amostrados tiveram os incisivos fotografados (Figura 8.8) para determinação do índice de mosqueamento, seguindo a escala apresentada na figura 8.9.



Figura 8.8 – Registro fotográfico dos dentes incisivos de ovinos, Candiota, RS.



Figura 8.9 – Escala para determinação do índice de mosqueamento.

A determinação da idade foi realizada através da dentição. A idade dos ovinos entre o nascimento e 8 anos pode ser estimada através da observação direta das alterações e trocas dentárias que ocorrem na mandíbula inferior (Silva et al., 2005).

Determinou-se a presença das seguintes alterações da cavidade oral:

- Área de mosqueamento: que consiste na presença de manchas de cor amarela,castanha ou negro esverdeada (Jones et al., 2000);
- Atritamento excessivo: dentes curtos em decorrência do desgaste rápido (Jones et al., 2000);
- Cárie (Jones et al., 2000);

- Desgaste: em face oclusal ou labial, em meia lua, em escada (Ollhoff et al., 2005);
- Exposição de polpa e fratura (Ollhoff et al., 2005);
- Inserção oblíqua (Ollhoff et al., 2005);
- Persistência: presença de dentes de leite com erupção dos permanentes (Ollhoff et al., 2005).

d) Resultados e comentários

Extrato Vegetal e Solo

A seguir são apresentados os dados médios de quantificação de fluoreto (Figura 8.10) nas amostragens de planta e solo, no período de monitoramento.

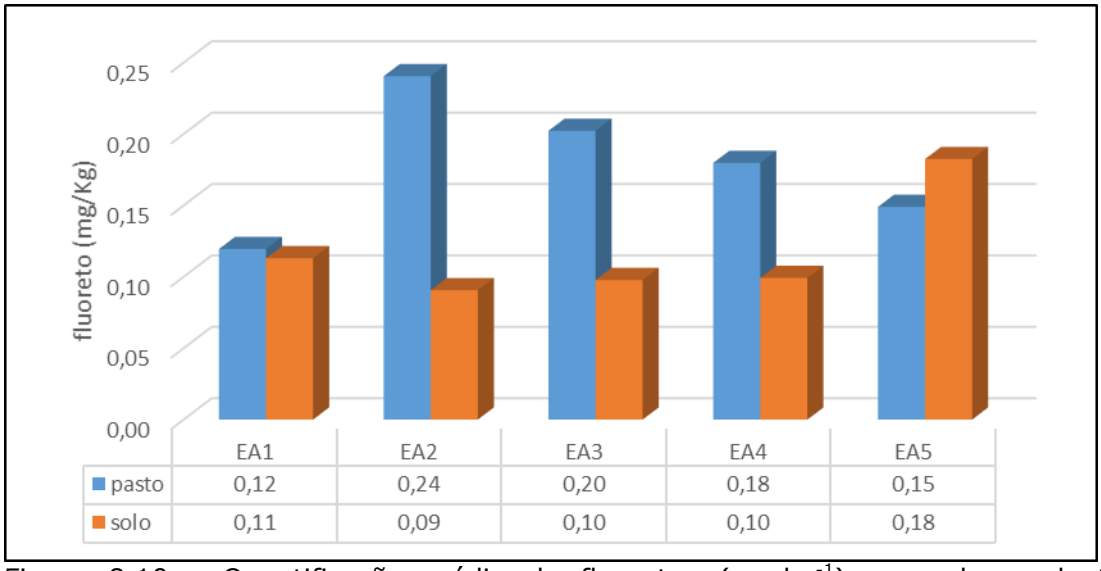


Figura 8.10 - Quantificação média de fluoretos ($mg.kg^{-1}$) em solo e plantas amostrados em Candiota, no período 2016/2017.

Observa-se variabilidade nos teores médios de fluoreto, entre as EAs, nas amostras de extrato vegetal.

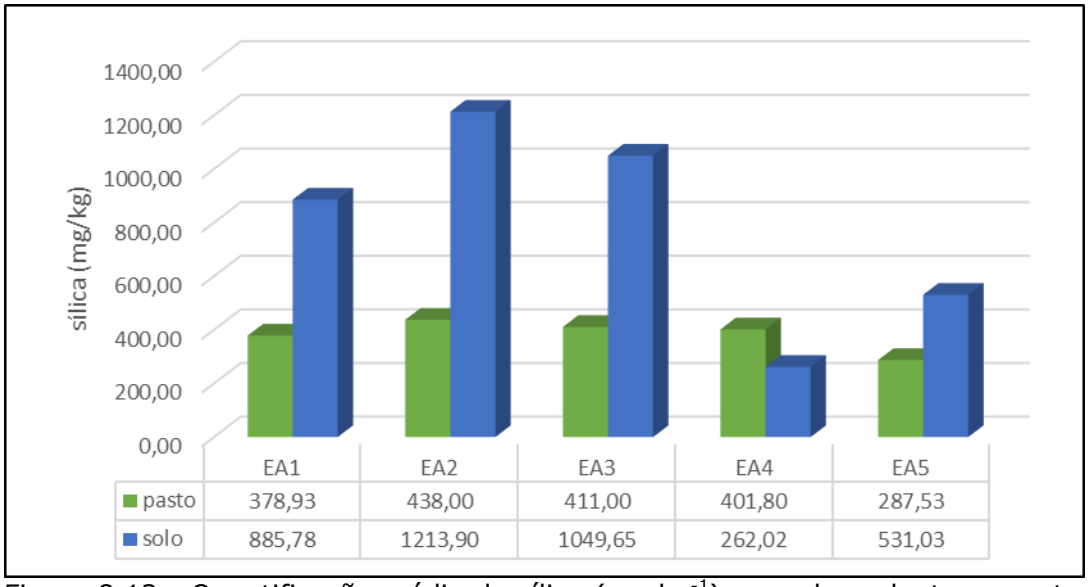
A presença de teores elevados de fluoreto é relatada como fator determinante à presença de lesões dentárias e mosqueamento (Riet-Correa

et al., 1986), como bservada nos registros fotográficos dos incisivos de animais amostrados (Figura 8.11).



Figura 8.11 - Fotografia de dentes incisivos de ovino na EA2, apresentando alteração da coloração (mosqueamento).

Também as médias de quantificação de sílica (Figura 8.12) nas amostragens de planta e solo, no período de monitoramento, apresentaram variabilidade entre as estações amostrais.



	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
pasto	378,93	438,00	411,00	401,80	287,53
solo	885,78	1213,90	1049,65	262,02	531,03

Figura 8.12 - Quantificação média de sílica (mg.kg^{-1}) em solo e plantas amostrados em Candiota, no período 2016/2017.

Observou-se variabilidade nos teores de sílica, entre as EAs, nas amostras de solo.

No Brasil, tem sido observado que muitas gramíneas têm apresentado aumentos de produtividade ou diferenças morfofisiológicas mediante o fornecimento de sílica (Araújo et al., 2008; Faria Jr. et al., 2009; Mendonça et al., 2013). Neste sentido, durante a atividade de monitoramento, com intuito de buscar correlações entre os índices de sílica com o peso de matéria seca das pastagens (pela provável maior densidade das paredes celulares), também foram coletadas amostras de gramíneas componentes do dossel das EAs.

Os resultados obtidos apontaram correlação baixa ou inexistente, com estimativas altas para erro. No entanto, as coletas e análises foram frustradas por fatores tais como carga animal por vezes saturada, diferentes estágios do desenvolvimento bromatológico, alterações nas áreas amostrais, entre outros.

Outro ponto que merece destaque é a composição da pastagem das EAs. Em quase todas as áreas das unidades avaliadas foi possível detecção de

alta predominância de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana Nees*), forrageira invasora dos campos sulinos. Essa gramínea caracteriza-se, dentre outros problemas – tais como alelopatia, por maiores teores de componentes orgânicos da parede celular (celulose, hemicelulose, lignina), tornando-a naturalmente mais rígida. Decorre que esta parede também possui naturalmente componentes inorgânicos – tais como cristais e sílica. Então, quanto maior a disponibilidade de sílica no solo, maior a oferta para incorporação deste elemento pelo capim annoni durante seu crescimento, potencializando seu poder abrasivo à dentição dos animais.

Em suma, estamos trabalhando problemas conjugados: não apenas a carga de silicatos, mas também, ao impacto do silício sobre as espécies componentes da vegetação nativa que sofreu ação antrópica, reduzindo de ambas formas o bem-estar dos animais e prejudicando a pecuária local.

Animais

Os animais amostrados eram todos nascidos nas propriedades de estudo, com idade variando de 1 à oito anos (dois à oito dentes). A idade média dos ovinos é apresentada na figura 8.13.

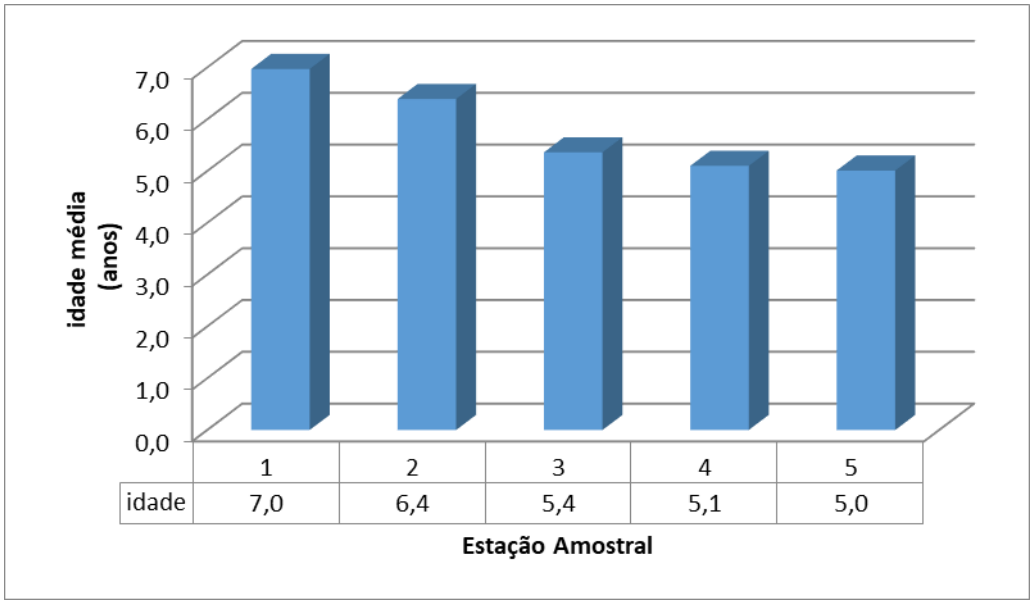


Figura 8.13 - Idade média de ovinos, por estação amostral, no período de monitoramento.

As alterações dentárias observadas em ovinos nas EAs são apresentadas nas figuras a seguir.

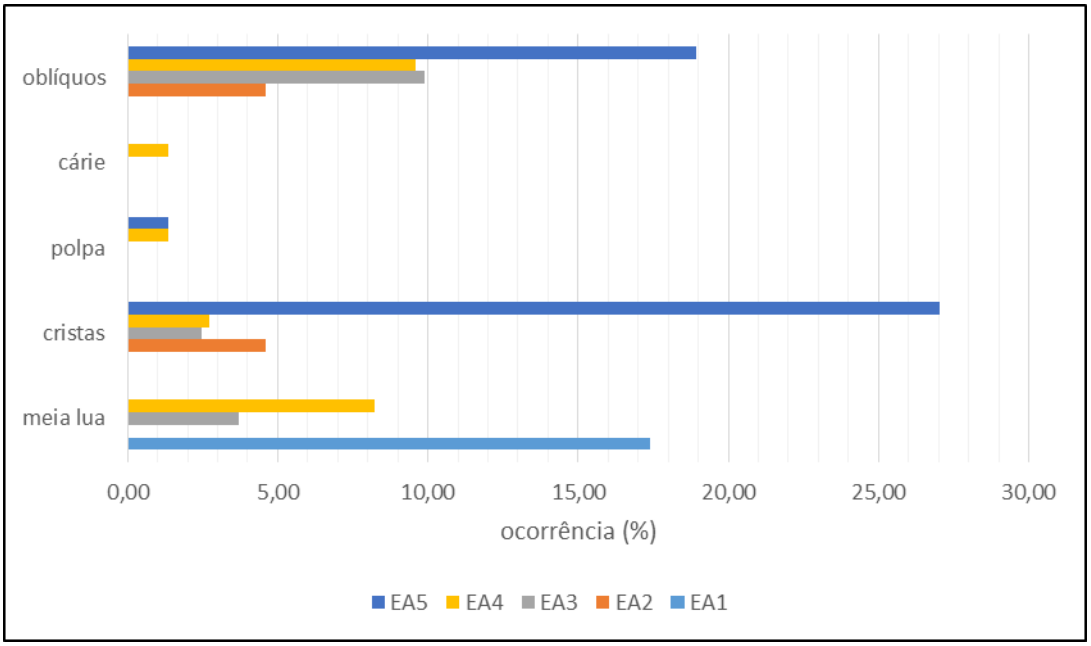


Figura 8.14 - Alterações dentárias observadas em ovinos, segundo a estação amostral (EA), no município de Candiota.

O elevado percentual de animais com desgaste em "meia lua" observado na EA1 tem relação com a idade dos animais desta EA (média 7 anos). Isto por que, no desgaste natural dos dentes de ovinos, este tipo de desgaste antecede o desgaste por rasamento.



Figura 8.15 - Desgaste em meia lua em ovino na EA1, Candiota, RS

Entretanto, o desgaste dentário em "meia lua" não foi observado nas demais EAs, embora estes animais apresentassem menor idade e já o rasamento dos dentes, como demonstrado na figura 8.16.

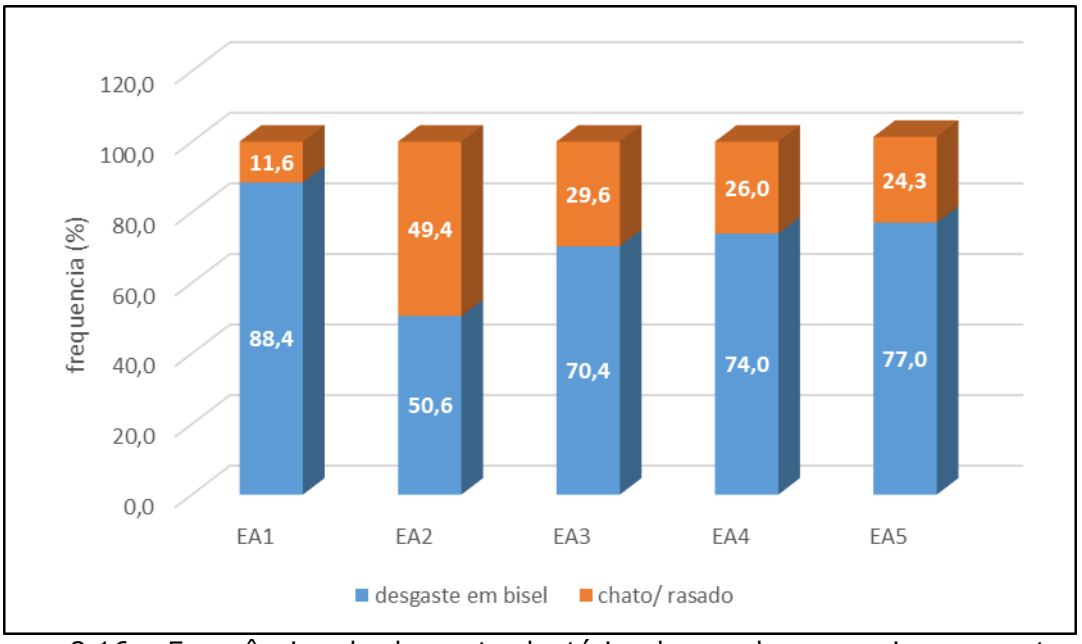


Figura 8.16 - Frequências de desgaste dentário observadas em ovinos, quanto ao tipo e segundo a estação amostral (EA), no município de Candiota

Observou-se maior percentual de animais com desgaste excessivo de dentes (dentes rasados) nos animais da EA2 e desgaste normal (desgaste em bisel) nos animais da EA1 (grupo controle).

Altos teores de sílica tendem a proporcionar menor digestibilidade (maior dureza da parede celular, menor consumo, maior seleção) e, portanto, maior ruminação e, consequentemente, maior desgase da dentição.

Embora a presença de mosqueamento tenha sido observada em todas as EAs, odeterminou-se diferença significativa ($p<0,0001$) entre os índices médios (Figura 8.17) das Eas.

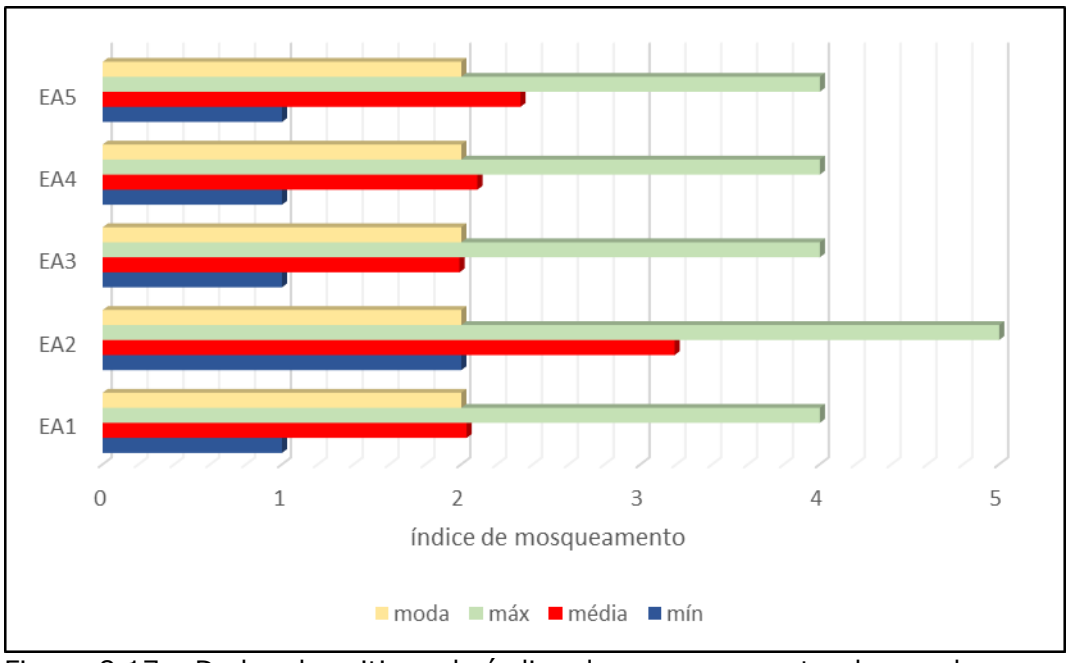


Figura 8.17 - Dados descritivos do índice de mosqueamento observado em ovinos, segundo a estação amostral (EA), no município de Candiota.

Verificou-se que somente na EA2 foi registrado o índice de mosqueamento 5, sendo esta a EA com maior índice médio (3,19) de mosquemento. As EA1 e EA3 apresentaram os menores índices médios (2,0) de mosqueamento, seguidas pela EA4 (2,1) e a EA5 (2,3). Ao comparar os ínidies de mosqueamento da EA1 (controle) com as demias EAS, determinou-se diferença significativa da EA1 com a EA2 ($p<0,0001$) e a EA5 ($p<0,01$).

Determinou-se correlação positiva forte (r=0,7) entre o índice de mosqueamento e a quantidade de fluoretos na pastagem. Corroborando os achados de maior índice de mosqueamento na EA2 e maiores teroes de fluoreto nesta EA.

Com base em dados do monitoramento de anos anteriores, considerando-se a produção de animais na área sob influência da UTEPM (EA2, EA3, EA4 e EA5) como exposição risco de desenvolvimento de mosqueamento, determinou-se que o risco de ovinos criados nas EAs localizadas na área de influência da UTE de apresentarem mosqueamento é 1,4 vezes maior do que os ovinos criados na (unidade produtiva controle EA1).

Quando comparamos os animais com patologia dentária (mosqueamento) frente aos sadios (odds ratio), determinou-se que os animais produzidos nas EAs localizadas na área de influência da UTEPM possuem 2,2 vezes mais chances de desenvolverem a patologia do que aqueles animais produzidos na unidade produtiva controle (EA1), sendo que este valor varia de 2,5 a 13,5 para a EA2.

Muitas são as fontes de emissão de poeiras com fluoretos e silicatos, como anteriormente relatado. Lesões dentárias decorrentes da intoxicação por fluoretos foram relatadas por Riet-Correa et al. (1983) e associadas às emissões de fabrica de adubo.

O monitoramento realizado tem demonstrado que estamos trabalhando com problemas conjugados: não apenas a carga de silicatos e fluoretos, mas também, a ação de diversos agentes impactantes sobre os componentes do ambiente, agindo sobre o desempenho da pecuária local.

O compartimento Atividade Pecuária é de responsabilidade técnica da Dra. Verônica Schmitt.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, L. S.; KORNDÖRFER, G.H. Papel do silício na produção, qualidade e controle de cigarrinha (Deois flavopicta) da Brachiaria decumbens, cultivada em solos degradados do triângulo mineiro. **Horizonte Cientifico**, Uberlândia MG, v. 2, n. 1, 28 p. 2008.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Candiota**. *Disponível em*: <http://pt.*climate-data*.*org*/location/313440/> Acesso em: 16 de setembro de 2017.

COELHO, A.M. Amostragem de solos: a base para aplicação de corretivos e fertilizantes. Embrapa – Comunicado Técnico Nº 73, Minas Gerais, 2003.

FARIA-JÚNIOR, L. A.; CARVALHO, J. G.; PINHO, P. J.; BASTOS, A. R. R.; FERREIRA, E. V. O. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1034-1040, 2009.

INMET – Instituto Nacional de Metereologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.

JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KING, N.W. **Patologia Veterinária**. 6ed. São Paulo: Manole, 2000.

OLLHOFF, R.D.; PEREIRA, I.R.A.; LUZ, N.C.; MACHADO, F.G. Incidência de alterações dentárias em um rebanho bovino leiteiro. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.2, p.95-100, 2005.

MENDONÇA, A. O.; TAVARES, L.C.; BRUNES, A. P.; MONZÓN, D. L. R.; VILLELA, F. A. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após a adubação silicatada. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1154-1162. 2013.

RADOSTIS, O.M; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. **Clínica vetinária**. 9ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.

RIET-CORRE, F.; MENDEZ, M.C.; SCHILD, A.L.; OLIVEIRA, J.A.; ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluiçãoindustrial causada pela combustão de carvão. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.6, n.1, p.23-31, 1986.

RIET-CORRE, F.; OLIVEIRA, J.A.; MENDEZ, M.C.; SCHILD, A.L. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município de Rio Grande. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.3, n.4, p.107-114, 1983.

SANTOS, M.G.B. **Avaliação da direção preferencial da dispersão de poluentes para diferentes estações do ano na área industrial de Juiz de Fora – MG**. 2016. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade federal de Juiz de Fora, MG.

SILVA, R.A.M.S; GAERTNER, E.; GUTIERREZ, R. Determinação da idade de ovinos baseada na dentição. Corumbá: Embrapa, 2005.

SQUIBA, L.M.; SERRAT, B.M.; LIMA, M.R. Como coletar corretamente amostras de solo para análises. Disponível em: <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/coletadesolo.htm>.

MAPA DE COBERTURA VEGETAL
COMPANHIA DE GERAÇÃO TÉRMICA DE ENERGIA ELÉTRICA, CGTEE- ELETROBRAS

Eletrobras
CGTEE

235.000 240.000 245.000 250.000 255.000

6.515.000 6.510.000 6.505.000 6.500.000 m N

Município de Candiota

BR 293

BR 293

CANDIOTA

Município de
Pinheiro Machado

Município de Candiota

Município de Pedras Altas

N
W E
S

1: 25.000

0 0,5 1 2 km

235.000 240.000 245.000 250.000 255.000 m E

Legenda			
Classes	**Área (hectares)**	**Classes**	**Área (hectares)**
Agricultura de sequeiro	1818,49	Orizicultura	704,86
Água	556,71	Silvicultura	5030,63
Banhado	16,86	Urbano	296,57
Mosaico campo/floresta/afloramento	70,02	Uso agrícola misto	4696,16
Campo degradado	8790,10	**Total**	**31.168,90**
Campo seco	6709,49	Sistema viário	-
Campo úmido	24,03	Hidrografia	-
Mata nativa	1031,33	Limites municipais	-
Mineração	1423,65		

Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Fuso 22S, Sistema Geográfico de Referência: Datum SAD 69

Origem das coordenadas: 51° W e Equador, acrescidas as constantes de 500 e 10.000 quilômetros, respectivamente.

Origem dos dados:
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Trabalhos de Campo: abril a agosto de 2017

