



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Qualidades das águas urbanas: caracterização do escoamento superficial urbano quanto à ocorrência espacial e sazonal de multitraçadores

MAINARA GENEROSO FAUSTINO

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais

Orientadora:

Profa. Dra. Maria Aparecida Faustino Pires

**São Paulo
2021**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Qualidades das águas urbanas: caracterização do escoamento superficial urbano
quanto à ocorrência espacial e sazonal de multitraçadores
Versão Original

Versão Original disponível no IPEN

MAINARA GENEROSO FAUSTINO

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

Orientadora:

Profa. Dra. Maria Aparecida Faustino Pires

São Paulo
2021

Fonte de Financiamento: Auxílio CNPq: processo n.155116/2016-9

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

FAUSTINO, M. G.. **Qualidades das águas urbanas**: caracterização do escoamento superficial urbano quanto à ocorrência espacial e sazonal de multitraçadores. 2021. 189 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Faustino, Mainara Generoso

Qualidades das águas urbanas: caracterização do escoamento superficial urbano quanto à ocorrência espacial e sazonal de multitraçadores / Mainara Generoso Faustino; orientadora Maria Aparecida Faustino Pires. -- São Paulo, 2021.

189 p.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Materiais) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2021.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maria Márcia e João Francisco, pelo apoio e os ensinamentos da vida, a minha irmã Naomi por sempre estar ao meu lado e aos meus amigos do plano maior que me iluminam a todo instante.

AGRADECIMENTOS

A Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Faustino Pires pela oportunidade, orientação, incentivo e confiança.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP) e ao Centro de Química e Meio Ambiente (CEQMA) pela disponibilização da infraestrutura para a realização deste trabalho.

A Prof^a. Dr^a. Elizabeth S. K. Dantas por ter me aceito no programa de iniciação científica, que foi o maior incentivador para eu ter ingressado no Pós Graduação - Mestrado. E a Prof^a. Dr^a. Marycel Elena Barboza Cotrim por me orientar no programa de Pós Graduação - Mestrado do IPEN e me auxiliar na minha formação como Mestre.

Ao Prof. Dr. Walter dos Reis Pedreira Filho e pela MSc Roberta Granja Gonzaga, por auxiliar nas análises de ICP-MS, disponibilizando a infraestrutura da Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro).

Ao CNPq – pelo apoio financeiro concedido, processo n° 155116/2016-9 e processo n° 305385/2016-0.

A todo pessoal da oficina do CEQMA/IPEN (Edson Takeshi, João Andrade, Valsir da Rosa e Valdelei de Almeida) que me ajudaram na confecção do coletor integrado e em todas as coletas das amostras. Sem eles o projeto não teria iniciado.

A MSc Sâmia Rafaela Maracaípe Lima por me acompanhar nas coletas e me auxiliar no tratamento das amostras e principalmente pela amizade, carinho e incentivo.

A Prof^a. MSc Lucilena Rebelo Monteiro pelo auxílio nos dados estatísticos e em todas as orientações do trabalho e principalmente pela amizade, carinho e incentivo.

As minhas companheiras de laboratório: Tatiane B. S. C. Silva, MSc. Joyce R. Marques, Debora A. Pirani, MSc. Camila Fernanda R. T. Tanzillo Santos, MSc. Karoline de Paula Pereira e MSc. Thamiris B. Stellato pelo incentivo e amizade.

A MSc. Adriana Kuchinski Cavalcante e a MSc. Giovana T. Gimiliani pela amizade e pelo incentivo nesses quatro anos de trabalho.

A MSc. Joana da Silva Maziero e MSc. Kelme Cardoso Damasceno pelo auxílio nas amostras de ecotoxicidade e pela amizade e incentivo.

Ao Alexandre Paolacci Carunchio e a MSc. Naomi Generoso Faustino por me auxiliarem em todo o trabalho.

Aos meus familiares que sempre estiveram do meu lado com um carinho muito especial.

Minha eterna gratidão por todos que contribuíram para o término desse projeto e pela minha formação.

Obrigada!

EPÍGRAFE

“O Caminho da felicidade ainda existe: é uma trilha estreita no meio da selva triste!”

Racionais MC's

RESUMO

FAUSTINO, Mainara G. ***Qualidades das águas urbanas: caracterização do escoamento superficial urbano quanto à ocorrência espacial e sazonal de multitraçadores***. 2021. 189p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

O escoamento superficial, proveniente de águas pluviais, é considerado uma fonte de poluição difusa e seu estudo pode auxiliar no saneamento das áreas urbanas. O presente estudo avaliou o fenômeno do *first flush*, que indica se a taxa de emissão mássica é maior durante as primeiras porções de escoamento do que durante sua última porção, por meio de determinações da concentração dos metais e elementos-traço, nas formas totais e dissolvidos, carbono orgânico total e ensaios de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis*, além dos parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e sólidos totais) em amostras de água provenientes do escoamento superficial em uma área urbana - São Paulo/Brasil. O estudo foi conduzido em uma rede de drenagem urbana, área de circulação e estacionamento, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, localizado no campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) da Universidade de São Paulo – USP. A coleta das amostras foi realizada com um amostrador integrado de 4 (estágios), em diferentes sazonalidades, verão e inverno de 2017 e primavera, verão, outono e inverno de 2018, em quatro pontos distintos. A determinação dos metais e elementos-traço (Al, Sb, B, Cd, Ca, Ce, Pb, Cu, Cr, Sr, Fe, In, La, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Na, Si, Ti, Th, U e Zn) foi realizada utilizando os métodos de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma de Argônio (ICP OES) e Espectrometria de Massas com Plasma de Argônio (ICP-MS). A qualidade dos resultados analíticos foi avaliada pela análise de materiais de referência certificado. Seus resultados de desvio padrão relativo e de erros relativos foram inferiores a 15% para a maioria dos elementos. Os resultados demonstraram uma diminuição da concentração dos metais e do teor de sólidos em função do fluxo de água pluvial coletado no amostrador integrado. Corroborando com a literatura, indicando que a taxa de emissão mássica (*first flush*) ocorre nas primeiras porções de escoamento. Os ensaios mostraram teores não significativos de

toxicidade. Com a análise de ACP foi possível verificar as principais influências de contaminantes, como tráfego de carros, deposição atmosférica e matéria orgânica e foi possível concluir que as águas de escoamento superficial provenientes da água de chuva, coletada na área do Campus, não interferem de forma significativa nos recursos hídricos da região.

Palavras-chave: escoamento superficial, metais, análise química, ecotoxicidade, análise multivariada, sazonalidade

ABSTRACT

FAUSTINO, Mainara G. ***Urban waters qualities: characterization of urban runoff as to the spatial and seasonal occurrence of multi-tracers.*** 2021. 189p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

The runoff of rainwater is considered a source of diffuse pollution and its study can assist in the sanitation of urban areas. The present study evaluated the phenomenon of the first flush, which indicates whether the rate of mass emission is higher during the first flow portions than during its last portion, through determinations of the concentration of metals and trace elements, in total and dissolved forms, total organic carbon and acute ecotoxicity tests with *Daphnia similis*, in addition to the physical-chemical parameters (pH, temperature, conductivity, dissolved oxygen and total solids) in water samples from runoff in an urban area - São Paulo / Brazil. The study was conducted in an urban drainage network, circulation, and parking area, at Nuclear and Energy Research Institute - IPEN, located on the campus of the University City “Armando de Salles Oliveira” (CUASO) of the University of São Paulo - USP. Sample collection was performed with an integrated sampler of 4 (stages), in different seasonality, summer and winter of 2017 and spring, summer, autumn and winter of 2018, in four different points. The determination of metals and trace elements (Al, Sb, B, Cd, Ca, Ce, Pb, Cu, Cr, Sr, Fe, In, La, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Na, Si, Ti, Th, U, and Zn) were performed using the Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) methods. The quality of the analytical results was assessed by the analysis of certified reference materials. Their results of relative standard deviation and relative errors were less than 15% for most elements. The results showed a decrease in the concentration of metals and the content of solids as a function of the flow of rainwater collected in the integrated sampler. Corroborating with the literature, indicating that the mass emission rate (first flush) occurs in the first flow portions. The tests showed non-significant levels of toxicity. With the PCA analysis, it was possible to verify the main influences of contaminants, such as car traffic, atmospheric deposition, and organic

matter, and it was possible to conclude that runoff waters from rainwater, collected in the Campus area, do not interfere in any way. significant in the region's water resources, the work generated subsidies to assist in the evaluation of the quality of urban runoff water quality in the region.

Keyword: runoff, metals, chemical analysis, ecotoxicity, multivariate analysis, seasonality

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo da água	30
Figura 2 - Conceito de Canalização x Conceito de Reservação	33
Figura 3 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes de 2017 e 2018 – RMSP	35
Figura 4 - Exemplar de <i>Daphnia similis</i>	61
Figura 5 - Mapa da localização do IPEN	67
Figura 6 – Localização dos Pontos de coleta das amostras de água proveniente do escoamento pluvial urbano, no IPEN.	68
Figura 7 - Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 0 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)	69
Figura 8 – Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 1 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)	69
Figura 9 - Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 2 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)	70
Figura 10 - Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 3 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)	70
Figura 11 - Foto representativa do coletor, construído em PVC nos Laboratórios do IPEN.....	71
Figura 12 - Esquema do processo de obtenção das amostras pelo coletor integrado .	72
Figura 13 - Fluxograma de separação das amostras para as análises.	74
Figura 14 - Torre meteorológica localizada dentro do IPEN	74
Figura 15 - Frações de sólidos utilizadas nos ensaios.....	76
Figura 16 – Analisador de Carbono Orgânico Total – Shimadzu	77
Figura 17 - Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma de Argônio (ICP OES) (SPECTRO ARCOS), IPEN.....	78
Figura 18 - Espectrômetro de Massa com Plasma de Argônio (ICP-MS (AGILENT), Fundacentro.	78
Figura 19 - Preparo das amostras e dos organismos de <i>Daphnia similis</i>	81
Figura 20 - Gráfico de análise descritiva (<i>Box Plot</i>).....	82
Figura 21 - Representação gráfica dos valores pluviométricos coletados no período de janeiro/2017 a setembro/2018.....	85
Figura 22 – Mapa da trajetória atmosférica para as amostras coletadas no período de janeiro/2017 a setembro/2018.....	86

Figura 23 – Representatividade dos resultados da determinação do pH das amostras de água por data de coleta e respectivos coletores, do amostrador integrado, identificados por evento de precipitação e pontos de coleta	88
Figura 24 - Representação gráfica dos resultados da média das medidas de condutividade (μScm^{-1}) nas amostras de água dos coletores, por data e pontos de coleta	89
Figura 25 - Representação gráfica dos resultados da condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) por coletor, por data de coleta, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação	91
Figura 26 - Representação gráfica dos resultados das medidas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) nas amostras de água de escoamento superficial por coletor, data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação	93
Figura 27 - Representação gráfica dos resultados das medidas de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) nas amostras de água de escoamento superficial por coletor, data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação.....	95
Figura 28 - Representação gráfica dos resultados das medidas de serie de sólidos (mg L^{-1}) nas amostras de água por coletor, data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação	97
Figura 29 - Representação gráfica dos resultados da determinação de concentração de carbono orgânico total (mg L^{-1}) nas amostras de água do escoamento superficial por coletor, por data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação	98
Figura 30 - Representação gráfica das curvas de imobilidade (%) dos organismos <i>Daphnia similis</i> no ensaio de ecotoxicidade aguda das amostras de água por coletor e período de coleta, Ponto de Coleta P0	99
Figura 31 - Representação gráfica das curvas de imobilidade (%) dos organismos <i>Daphnia similis</i> no ensaio de ecotoxicidade aguda das amostras de água por coletor e período de coleta, Ponto de Coleta P2.	100
Figura 32 - Representação gráfica das curvas de imobilidade (%) dos organismos <i>Daphnia similis</i> no ensaio de ecotoxicidade aguda das amostras de água por coletor e período de coleta, Ponto de Coleta P3.....	100
Figura 33 – Resultado das medidas de recuperação da determinação de metais e elementos traço utilizando o padrão de material de referência 1643f – matriz elementos traços em água analisado por ICP OES e ICP-MS.....	102
Figura 34 – Concentração de Alumínio (Al) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	104
Figura 35 – Concentração de Cobre (Cu) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	105

Figura 36 – Concentração de Ferro (Fe) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	106
Figura 37 – Concentração de Zinco (Zn) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	107
Figura 38 – Concentração de Chumbo (Pb) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	108
Figura 39 – Concentração de Manganês (Mn) total nas águas de escoamento pluvial	109
Figura 40 - Concentração de Molibdênio (Mo) total nas águas de escoamento pluvial	110
Figura 41 - Concentração de cromo (Cr) total nas águas de escoamento pluvial	114
Figura 42 - Concentração de sódio (Na) total nas águas de escoamento pluvial.....	115
Figura 43 - Concentração de Urânio (U) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	116
Figura 44 – Concentração de Cálcio (Ca) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	118
Figura 45 – Concentração de Potássio (K) total nas águas de escoamento pluvial ...	119
Figura 46 – Concentração de Magnésio (Mg) total nas águas de escoamento pluvial	120
Figura 47 – Concentração de Silício (Si) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	121
Figura 48 – Concentração de Titânio (Ti) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	122
Figura 49 – Concentração de Cério (Ce) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	123
Figura 50 – Concentração de Tório (Th) total nas águas de escoamento pluvial.....	124
Figura 51 – Concentração de Lantânio (La) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial.....	125
Figura 52 – Concentração de antimônio (Sb), cádmio (Cd), boro (B) e níquel (Ni) nas águas de escoamento pluvial	127
Figura 53 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x2.....	131
Figura 54 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x3.....	132
Figura 55 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x4.....	133
Figura 56 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x5.....	134
Figura 57 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x6.....	135

Figura 58: Certificado Padrão Material de Referencia 1643f da NIST (National Institute of Standards & Technology)	157
Figura 59 - Matriz de correlação entre os parâmetros físico-químicos, COT, metais e elementos-traço em água de escoamento superficial.....	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das intensidades de chuva	31
Tabela 2 - Ciclos de vida típicos dos produtos que contém zinco.....	53
Tabela 3 – Valores Máximos Permitidos da Resolução CONAMA 357/2005, 430/2011 e 396/2008	63
Tabela 4 - Distribuição das áreas no IPEN por tipo de cobertura	64
Tabela 5 - Controle operacional quanto aos aspectos ambientais do IPEN.....	65
Tabela 6 - Caracterização e localização dos pontos de coleta	68
Tabela 7 - Identificação do período amostral e local de amostragem dos eventos quanto ao escoamento superficial.....	73
Tabela 8 - Elementos analisados por cada tipo de técnica e seus respectivos LQM ...	79
Tabela 9 - Elementos analisados para o controle de qualidade do ICPOES e ICP-MS, segundo o material de referencia NIST 1643f.	79
Tabela 10 – Resumo dos requisitos para o ensaio de ecotoxicidade aguda com <i>Daphnia similis</i>	80
Tabela 11 - Teste de significância estatística para os ensaios de ecotoxicidade aguda, de 48 horas de exposição, no ponto de coleta P0	101
Tabela 12 - Teste de significância estatística para os ensaios de ecotoxicidade aguda, de 48 horas de exposição, no ponto de coleta P2	101
Tabela 13 - Teste de significância estatística para os ensaios de ecotoxicidade aguda, de 48 horas de exposição, no ponto de coleta P3	102
Tabela 14 – Análise dos Componentes Principais.....	129
Tabela 15 – Informações esquematizadas da ACP para os elementos em água de escoamento superficial.....	130
Tabela 16 – Média dos valores brutos de concentração dos principais elementos analisados no estudo e o limite de quantificação do método (LQM) dos brancos de lavagem dos coletores dos três coletores utilizados	156
Tabela 17 - Dados brutos dos parâmetros de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura, série de sólidos (totais, totais voláteis e totais fixos) e precipitação, por data de coleta, estação do ano, número de coletor e pontos de coleta	160
Tabela 18 – Estatística descritiva para as concentrações dos metais (em $\mu\text{g L}^{-1}$) dos metais total e dissolvido, por coletor. (n) = 82 amostras	164
Tabela 19 - Estatística descritiva para as concentrações dos metais (em $\mu\text{g L}^{-1}$) dos metais total e dissolvido, por coletor. (n) = 82 amostras	164

Tabela 20 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP-MS ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 1	166
Tabela 21 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP-MS ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 2	169
Tabela 22 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP OES ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 3	172
Tabela 23 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP OES ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 4	176
Tabela 24 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP OES ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 5	180
Tabela 25 - Dados fatorais (variáveis) da Análise de Componentes Principais	185

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ACP	Análise de Componentes Principais.
Al	Alumínio.
B	Boro.
Ca	Cálcio.
CCD	Charge-coupled device (dispositivo de carga acoplada).
Cd	Cádmio.
Ce	Cério.
CEQMA	Centro de Química e Meio Ambiente.
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
CI	Carbono inorgânico.
CO	Carbono orgânico.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
COT	Carbono Orgânico Total.
Cr	Cromo.
Cu	Cobre.
CUASO	Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira.
DBO	Demanda biológica de oxigênio.
DQO	Demanda química de oxigênio.
EMC	Event Mean Concentration.
EPA	Environmental Protection Agency.
Fe	Ferro.

Fundacentro Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho.

ICP OES	Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma indutivamente acoplado.
ICP-MS	Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado.
ICSU	Committe of the International Council of Scientific Unions.
In	Índio.
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
IRC	Insuficiência Renal Crônica.
K	Potássio.
La	Lântanio.
LQM	Limite de Quantificação do Método.
Mg	Magnésio.
Mn	Manganês.
Mo	Molibdênio.
N&N	Nanociência e Nanotecnologia.
Na	Sódio.
Ni	Níquel.
OD	Oxigênio Dissolvido.
Pb	Chumbo.
pH	Potencial hidrogênioônico.
PMA-Q	Programa de Monitoramento Ambiental – Químicos estáveis.
ppb	Partes por bilhão.
ppm	Partes por milhão.

RMSP	Região Metropolitana de São Paulo.
RNF	Resíduo não Filtrável.
Sb	Antimônio.
SF	Sólidos Fixos.
Si	Silício.
<i>SMWW</i>	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
Sr	Estrôncio.
SS	Sólidos em suspensão ou sólidos suspensos.
SSed	Sólidos sedimentáveis.
ST	Sólidos totais.
STF	Sólidos Totais Fixos.
STV	Sólidos Totais Voláteis.
SV	Sólidos Voláteis.
Th	Tório.
Ti	Titânio.
TL _m	Taxa de toxicidade.
U	Urânio.
USP	Universidade de São Paulo.
Zn	Zinco.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	OBJETIVOS	24
3	ASPECTOS DE ORIGINALIDADE	25
4	REVISÃO DA LITERATURA	28
4.1	Precipitação pluviométrica	29
4.2	Escoamento Superficial da Água	31
4.3	Condições Meteorológicas no Estado de São Paulo (2017 2018)	33
4.4	Poluição Difusa e o Escoamento Superficial	36
4.4.1	Alumínio	39
4.4.2	Antimônio	40
4.4.3	Boro	41
4.4.4	Cádmio	41
4.4.5	Cálcio	42
4.4.6	Cério	43
4.4.7	Chumbo	44
4.4.8	Cobre	44
4.4.9	Cromo	45
4.4.10	Estrôncio	45
4.4.11	Ferro	46
4.4.12	Índio	46
4.4.13	Manganês	47
4.4.14	Magnésio	47
4.4.15	Molibdênio	48
4.4.16	Níquel	48
4.4.17	Potássio	49
4.4.18	Sódio	49
4.4.19	Lantânio	50
4.4.20	Silício	50
4.4.21	Titânio	51
4.4.22	Tório	52
4.4.23	Urânio	52
4.4.24	Zinco	53
4.5	Análise físico-química	54
4.5.1	Potencial hidrogeniônico (pH)	54
4.5.2	Temperatura	55

4.5.3	Condutividade elétrica.....	55
4.5.4	Oxigênio dissolvido	56
4.5.5	Sólidos	56
4.5.6	Carbono Orgânico Total (COT)	58
4.5.7	Ecotoxicidade aguda com <i>Daphnia similis</i>	58
4.6	Legislação Ambiental	62
5	MATERIAIS E MÉTODOS	64
5.1	Área de Estudo	64
5.2	Coleta das amostras	71
5.3	Amostragem.....	72
5.4	Dados Meteorológicos.....	74
5.5	Trajectoria atmosférica - HYSPLIT.....	75
5.6	Análise Físico-química	75
5.7	Determinação de Carbono orgânico total	76
5.8	Determinação de Metais e Elementos-traço.....	77
5.9	Ensaio de ecotoxicidade aguda com <i>Daphnia similis</i>	79
5.10	Tratamento matemático e estatístico dos dados	81
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
6.1	Condições Meteorológicas	84
6.2	Avaliação dos parâmetros físico-química	87
6.2.1	Avaliação das medidas de pH.....	87
6.2.2	Avaliação das medidas de condutividade.....	89
6.2.3	Avaliação dos dados de medida de Temperatura.....	92
6.2.4	Avaliação dos dados de Oxigênio Dissolvido	94
6.2.5	Avaliação dos dados de Séries de Sólidos.....	96
6.3	Avaliação dos dados de Carbono Orgânico Total (COT).....	98
6.4	Avaliação de ecotoxicidade aguda com <i>Daphnia similis</i> nas diferentes amostras de água provenientes do escoamento superficial.....	99
6.5	Determinação de metais totais e dissolvidos nas amostras de escoamento superficial urbano	102
6.5.1	Avaliação do controle de qualidade (recuperação%).....	102
6.5.2	Avaliação da determinação de metais e elementos-traço.....	103
6.5.3	Análise Estatística Multivariada.....	128
6.5.3.1	Estatística básica	128
6.5.3.2	Análise de Correlação.....	128
6.5.3.3	Análise Componentes Principais (ACP).....	129
7	CONCLUSÃO	136
	REFERÊNCIAS	140

ANEXO A	156
ANEXO B	157
ANEXO C	160
ANEXO D	164
ANEXO E	166
ANEXO F	184
ANEXO G	185

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade de águas pluviais urbanas tornou-se um elemento fundamental na avaliação da saúde dos cursos de água receptores, principalmente devido as cargas poluentes decorrentes do escoamento superficial que são lançadas nos sistemas de drenagem (COLLINS, LAWRENCE, *et al.*, 2010; ZHANG, LI e DAI, 2015).

O escoamento superficial urbano pode ser formado por diversas fontes, a partir do derretimento de gelo, irrigação na área agrícola e pelas águas pluviais. Além disso, pode ser considerada uma fonte significativa de poluição difusa. Embora tenha sido amplamente estudado em estradas e rodovias (OPHER e FRIEDLER, 2010), existem ainda questões em aberto sobre a identidade e as influências mútuas dos fatores que afetam as concentrações desses poluentes e sua possível aplicação em programas de monitoramento ambiental.

Os processos físicos, químicos e biológicos estão envolvidos em toda esta sequência de eventos. Vários estudos têm sido realizados em diferentes países tendo como principal preocupação avaliar a melhora da qualidade da água em seus recursos hídricos vinculadas a melhora do saneamento nas áreas urbanas (DELETIC e MAKSIMOVIC, 1998; DIERBERG e DEBUSK, 2008; LIU, GOONETILLEKE e EGODAWATTA, 2012; ALIAS, LIU, *et al.*, 2014a; ALIAS, LIU, *et al.*, 2014b).

Essas avaliações e respectivas discussões têm sido utilizadas para caracterizar o evento base e os parâmetros de qualidade da água, com foco nas características da precipitação e no escoamento superficial. Esses estudos possibilitam identificar os possíveis poluentes que podem ser carreados no corpo hídrico, como sedimentos, matéria orgânica, bactérias, metais como cobre, zinco, manganês, ferro e chumbo, hidrocarbonetos provenientes do petróleo, substâncias

tóxicas, como os agrotóxicos, e os poluentes do ar, que se depositam sobre as superfícies (PAZ, GASTALDINI e JORGE, 2004).

O crescimento urbano acelerado nas metrópoles brasileiras e a ausência de um planejamento ambiental permanente contribuíram para um acréscimo do escoamento superficial, principalmente devido à impermeabilização do solo. Durante décadas no Brasil, as intervenções ocorridas seguiram práticas tradicionais cujo objetivo principal estava relacionado à ampliação da capacidade do sistema urbano de drenagem, transferindo o escoamento superficial para jusante da bacia hidrográfica. Outra linha de atuação refere-se ao controle do escoamento superficial, através de medidas não convencionais, que promovam a infiltração e o armazenamento temporário das águas pluviais, de forma a compensar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos (PAZ, GASTALDINI e JORGE, 2004; CANHOLI, 2014). Segundo Canholi, (2014), diversas leis têm sido formuladas e jurisprudências são adotadas para proteger os atingidos por tais problemas, ao longo das últimas décadas, principalmente nos países mais desenvolvidos.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), maior metrópole da América do Sul, segundo INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, (2019), com uma população aproximada de 21,7 milhões de habitantes, concentra o mais importante polo financeiro, industrial e comercial do Brasil. Atualmente, enfrenta o desafio de melhorar os padrões de prestação de serviços em um contexto de severas limitações físicas. As áreas de mananciais (52% da área da RMSP, incluindo 25 municípios) têm sofrido intensos processos de degradação ambiental apresentando eutrofização, assoreamento e toxicidade (WHATELY e CUNHA, 2006).

Pesquisadores descrevem que o fenômeno mais importante no processo de escoamento (*runoff*) e na gestão das águas pluviais urbanas, é o *first flush*. O termo *first flush*, ou primeiro fluxo, é usado para indicar se a taxa de emissão mássica é maior durante as primeiras porções de escoamento, do que durante sua última porção, ou seja, indicar se a primeira parte do escoamento superficial é a mais poluída do que a última (BARCO, PAPIRI e STENSTROM, 2008). Bach et al. (2010) propuseram um novo método para avaliar esse primeiro fluxo, que é o processo

de *wash-off* do poluente (lavagem final ou simplesmente lavar) no qual a coleta das amostras é dividida em várias etapas ou fatias, sendo cada etapa analisada separadamente, para poder avaliar do início ao fim o processo do escoamento (BARCO, PAPIRI e STENSTROM, 2008).

O conceito de realização de uma análise seccional do poluente, nesse processo de escoamento superficial, é efetuado por um hidrograma de escoamento (Alias et al. 2014a; b). Este método de análise foi semelhante ao proposto por Bach et al. (2010), mas incorporou uma filosofia sem dimensão, considerada altamente inovadora devido as características específicas da área de estudo ou do sítio experimental e a aleatoriedade dos eventos de chuva. Não está claro nos estudos realizados por esses autores se esses resultados podem ser generalizados e aplicados para outras bacias com diferentes condições de chuva.

Dessa forma, o gerenciamento dessas cargas poluentes provenientes de águas pluviais ganhou importância, especialmente no que diz respeito à qualidade química e ecológica para as águas superficiais receptoras (EUROPE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE WFD, 2000; BECOUZE-LAREURE, DEMBÉLÉ, *et al.*, 2015).

Segundo Becouze-Lareure et al. (2015) o escoamento superficial urbano pode ser a principal contribuição para as descargas urbanas de águas pluviais. Uma das principais fontes significativa de poluentes prioritários são as atividades relacionadas ao tráfego, incluindo desgaste de veículos e pneus e vazamentos de fluidos.

Uma extensa revisão bibliográfica realizada por Opher e Friendler (2010), resume o conhecimento disponível sobre os vários aspectos da qualidade do escoamento superficial em rodovias, aborda os principais poluentes, as interações entre eles e seu fracionamento entre as fases particuladas e dissolvidas. Observaram as principais fontes de poluição e sua contribuição. Os estudos demonstraram que os veículos contribuem com os poluentes fluidos e sólidos, as estradas contribuem com sólidos em suspensão e atmosfera seca e úmida e que a deposição que é influenciada pelos usos do solo adjacentes.

Quantificar a poluição e sua contribuição no escoamento é muito complexa, necessitando concentrar em abordagem determinística, metodologias estatísticas e modelagem capaz de superar as dificuldades de se lidar com inúmeras variáveis e vasta variabilidade. Mesmo considerando aparentemente fatores de influência óbvios, como tráfego diário, a literatura demonstra resultados contraditórios entre diferentes estudos. Efeitos adicionais ainda não foram considerados, poluição por fontes não pontuais, a variedade de novos contaminantes tóxicos, diferentes eventos de escoamento, apresentando um desafio constante sobre os vários aspectos da qualidade da água do escoamento superficial.

Desse modo, o presente estudo propôs a obtenção de uma visão integrada da qualidade da água do escoamento superficial de águas pluviais em uma área de drenagem urbanizada e com distribuição de área verde, o campus da Universidade de São Paulo, mais precisamente na área localizada no estacionamento e áreas de circulação pavimentada do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Com a utilização de um coletor de amostragem integrado, em quatro partes ou secções, para observar as concentrações dos poluentes no decorrer do escoamento superficial na região.

2 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar o escoamento superficial urbano, proveniente de águas pluviais, quanto a natureza de multitraçadores da carga poluidora decorrentes da poluição difusa, em uma rede de drenagem urbana pertencente a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Cidade Universitária, no Campus do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Foi realizado um diagnóstico ambiental, estabelecendo um banco de dados e gerando subsídios para auxiliar na avaliação dos padrões de qualidade da água do escoamento superficial urbano.

Dentro da proposta desse trabalho, podem ser destacados as principais metas:

- Conhecer o perfil temporal e espacial da qualidade das águas provenientes do escoamento superficial de águas pluviais em áreas urbanas;
- Avaliar a variação na análise seccional de poluentes nas etapas de escoamento superficial (wash-off);
- Identificar os fatores e padrões que influenciam o escoamento superficial urbano, considerando potenciais impactos visando orientação para planejar e mitigar suas consequências na gestão de águas urbanas.

3 ASPECTOS DE ORIGINALIDADE

O conhecimento de qualquer sistema ambiental é criticamente dependente de medições químicas. Sendo a química analítica ambiental a ciência que fornece medidas precisas para trazer respostas a uma infinidade de demandas sociais e econômicas. Neste sentido, o desenvolvimento de novas estratégias para aprofundar o conhecimento das fontes de poluição e conhecer o comportamento desses contaminantes em áreas urbanas é estratégico para a gestão de recursos hídricos e para delinear as políticas públicas, que tem que ser baseadas em evidências. Dentre as principais fontes de contaminação, tanto superficial como subterrânea, o escoamento superficial destaca-se principalmente quanto ao carregamento de substâncias contaminantes, acarretando alterações na qualidade e saúde das águas.

O avanço industrial e tecnológico tem propiciado o desenvolvimento de produtos químicos inovadores bem como o crescimento das áreas de Nanociência e Nanotecnologia (N&N), nanomateriais de uso industrial destinados para o setor farmacêutico, de cuidados pessoais, alimentícios, biocidas, catalizadores, provenientes de tecnologias de ponta e do setor de energia e petroquímico. Uma consequência deste desenvolvimento foi o aumento da presença dos mesmos no ambiente aquático, resultando em risco a saúde ambiental e humana (WAL, 2010; LUOMA, 2008).

Os efeitos do saneamento sobre a qualidade ambiental e sobre a disponibilidade dos recursos hídricos constituem um fator relevante do desenvolvimento tecnológico. A conservação de recursos hídricos escassos tem importante efeito sobre sua disponibilidade e sobre seu custo, enquanto insumo fundamental para várias atividades econômicas (CNI, 2011).

As variações climáticas exercem de forma significativa sobre as influências das atividades humanas, uma vez que podem oscilar quanto à temperatura,

precipitação e frequência de eventos extremos como chuvas intensas e períodos de seca, que resulta em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, no meio ambiente, na saúde, em escala local ou regional (SOUZA, AZEVEDO e ARAÚJO, 2012).

Várias pesquisas ressaltam a dificuldade da identificação de um comportamento comum nos resultados da investigação desses poluentes, nos diversos centros urbanos ao redor do mundo, devido à variabilidade do meio em questão. Desse modo, conhecer os fatores que integram os processos de urbanização a produção de sedimentos e a presença de diferentes poluentes em grandes centros urbanos, tem sua primordial importância em estudos de aprimoramento dos órgãos de governo vinculados a drenagem urbana.

Dessa forma, o gerenciamento das cargas poluentes provenientes de águas pluviais ganhou importância, especialmente no que diz respeito à qualidade química e ecológica para as águas superficiais receptoras (EUROPE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE WFD, 2000; BECOUZE-LAREURE, DEMBÉLÉ, *et al.*, 2015).

Assim, o presente estudo utilizou as dependências do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) para a obtenção de uma visão integrada da qualidade da água do escoamento superficial provenientes de águas pluviais em uma área de drenagem urbanizada e com distribuição de área verde. Com uma coleta de modo sequencial para observar o comportamento dos poluentes que podem decorrer do escoamento superficial na região.

O IPEN se destaca, atualmente, em vários setores da atividade nuclear, entre elas, nas aplicações das radiações e radioisótopos, em reatores nuclear, em materiais e no ciclo do combustível, em radioproteção e dosimetria, e com essa multidisciplinariedade o instituto consegue conduzir um amplo e variado programa de ensino, pesquisa & desenvolvimento e inovação (SANTOS, 2017).

Nesse sentido, o presente estudo partiu das seguintes hipóteses: Como ocorre o fluxo dos poluentes no processo de escoamento superficial de águas pluviais? Existe variabilidade espacial e temporal nos processos de acumulação e de lavagem na escala da bacia hidrográfica? Qual o melhor protocolo de coleta para esse tipo de amostras? Que elementos provenientes de tecnologias críticas de

terras raras ou contaminantes emergentes podem estar presentes e controlam a distribuição, destino, biodisponibilidade e riscos ambientais? Ocorre uma maior produção e transporte de poluição em período chuvoso? Este processo de avaliação pode ser um indicador de qualidade do ambiente? Permite integrar e complementar os programas ambientais de monitoramento e controle de emissões atmosféricas realizados em áreas estratégicas?

A estratégia principal do projeto foi formar uma base de dados, com informações inexistentes, na área toxicológica, química e ambiental, sobre a presença dos multitraçadores químicos em águas urbanas da RMSP, a fim de estabelecer perfil dos indicadores e parâmetros atuais de qualidade de água. Essas informações também são importantes na avaliação do impacto ambiental causado pela presença de possíveis contaminantes.

4 REVISÃO DA LITERATURA

O escoamento superficial e o fenômeno do primeiro fluxo (*first flush*) vem sendo amplamente estudado e muitos autores apresentam diversas abordagens para caracterizar o evento e demonstrar como esse fenômeno pode acarretar diversos incidentes para o meio urbano e também rural.

As coletas são normalmente realizadas nos sistemas de coleta de drenagem, tanto para águas de escoamentos provenientes da água pluvial ou pela captação de efluentes.

O escoamento superficial das águas pluviais urbanas é uma fonte de poluentes difusos que se deslocam para o corpo receptor e o estudo do fenômeno *first flush* é importante para descobrir as principais contribuintes que podem se encontrar, tanto no escoamento urbano, quanto, na própria água pluvial, escoamentos do telhado, escoamento superficial, descarga de sistemas separados, descarga de sistemas combinados e fluxo de águas receptoras (DELETIC, 1988; HILLIGES, ENDRES, *et al.*, 2017).

As primeiras águas de escoamento, provenientes das águas pluviais são de baixa qualidade, devido os poluentes concentrados na superfície que é carregado pelas primeiras águas do escoamento (KACZALAA, MARQUESA, *et al.*, 2012; ALIAS, LIU, *et al.*, 2014a). O manejo da água de chuva, para ser considerado bem-sucedido, deve ser feito de modo criterioso, eliminando-se essa primeira fração e priorizando o monitoramento e tratamento, quando for o caso, para o efetivo aproveitamento da água (RIGHETTO, 2009).

Os poluentes no escoamento superficial são conhecidos por serem poluentes dissolvidos e na forma de partículas. O transporte de poluentes pelo escoamento superficial depende também da composição e tamanho das partículas presentes, podendo estar ligados principalmente às pequenas partículas, os sólidos finos

suspensos (entre 0,45 e 63 μm) e partículas não sedimentáveis. (HILLIGES, ENDRES, *et al.*, 2017).

A composição da qualidade das águas do escoamento superficial urbano é formada, quase sempre, por fontes indiretas, como a deposição atmosférica e de fontes diretas, como uso e ocupação do solo, tráfego, poluição atmosférica (MURPHY, O'SULLIVAN e COCHRANE, 2014)

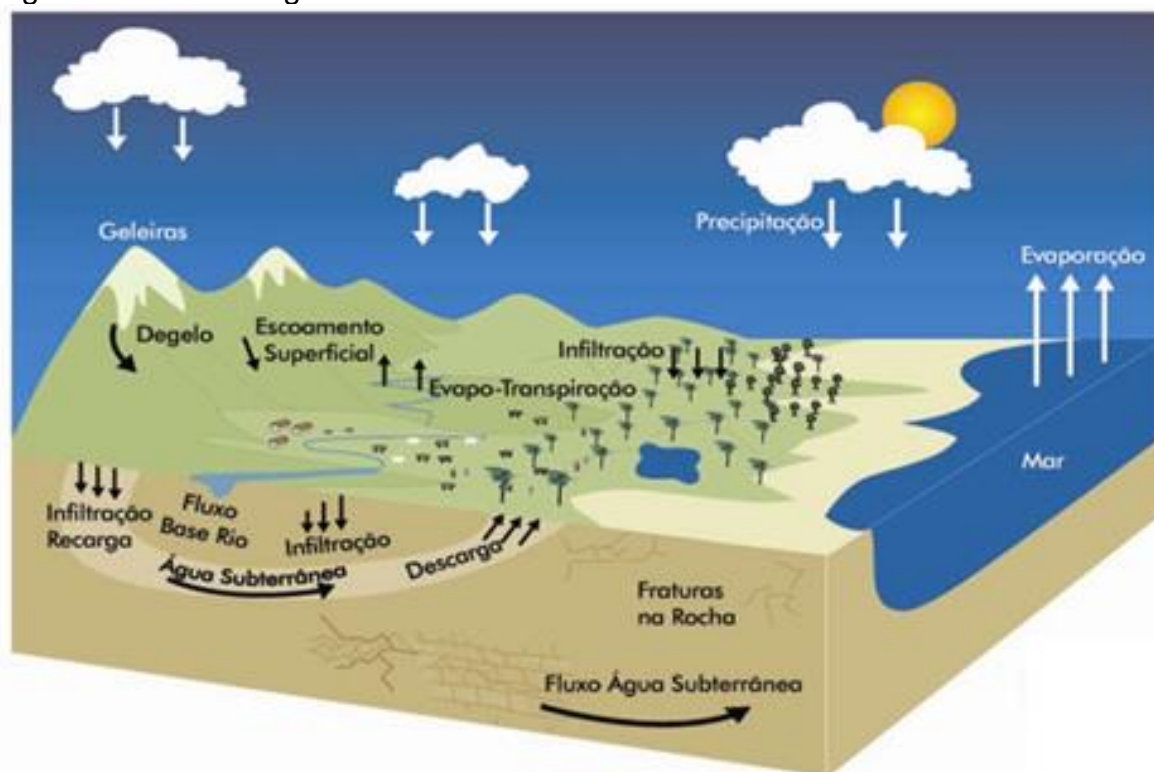
4.1 Precipitação pluviométrica

Para os estudos climáticos, a precipitação é uma das variáveis meteorológica muito importante, devido aos impactos diversos nos setores da sociedade, pois quando ocorre de forma excessiva pode ocasionar enchentes escorregamentos de barreiras, alagamentos, entre outros, e quando escassas podem resultar em secas, assoreamento dos rios, entre outros, afetando os setores produtivos econômico, ambiental e social de uma região (SOUZA, AZEVEDO e ARAÚJO, 2012).

O movimento contínuo da água presente na atmosfera, oceanos e continentes (constituído por superfície, solo e rocha) chama-se o ciclo hidrológico ou da água (Figura 1). Todo esse ciclo é mantido pela força gravitacional e pela energia do Sol, que gera a evaporação das águas dos oceanos e continentes (BRASIL, 2017).

As nuvens, na atmosfera, quando carregadas acarreta as precipitações na forma de chuva, granizo, orvalho e neve. Nos continentes, a água em precipitação pode percorrer diferentes caminhos como (BRASIL, 2017): Infiltração e percolação no solo ou nas rochas; Escoamento sobre a superfície, quando a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo; Evaporação, no qual, a água retorna a atmosfera, mas uma parte é absorvida pelas vegetações, que por sua vez liberam a água para a atmosfera através da transpiração; Congelamento que forma as camadas de gelo nos cumes de montanhas ou geleiras.

Figura 1 - Ciclo da água



Fonte: (BRASIL, 2017).

As precipitações podem ter diferentes classificações, ou seja, diferentes processos de formação, assim como características diferentes, seja em relação à intensidade, grau de acidez, duração, e presença ou não de trovoadas. Cada característica de água pluvial também pode estar associada a uma determinada época do ano ou às características do seu lugar de ocorrência (OLIVEIRA, 2001). Portanto, os principais tipos de chuva são:

- Chuva frontal: resulta do confronto entre duas grandes massas de ar, uma quente e outra fria. Se a massa fria é a que avança, o resultado é uma frente fria; se a quente avança, uma frente quente se desenvolve (OLIVEIRA, 2001).
- Chuva convectiva: resulta como uma massa de ar instável rapidamente se eleva na atmosfera a partir de uma área que se aqueceu (OLIVEIRA, 2001).
- Chuva orográfica: resulta quando uma massa de ar quente e úmida se movendo ao longo de uma região é forçada a ascender, devido a uma obstrução, como altas cadeias de montanha (OLIVEIRA, 2001).

As chuvas podem ser classificadas, também, por sua intensidade, como média, moderada e forte, conforme apresentado na Tabela 1 (REICHARDT, 1987; OLIVEIRA, 2001).

Tabela 1 - Classificação das intensidades de chuva

Tipo de chuva	Intensidade	
Chuva fraca	Até 2,5 mm h ⁻¹	Gotas isoladas, facilmente identificáveis. Precipitação uniforme, de gotículas de diâmetro inferior a 0,5 mm e muito numerosas (garoa)
Chuva moderada	De 2,5 a 7,5 mm h ⁻¹	Gotas isoladas e dificilmente observáveis. Formação relativamente rápida de poças d'água.
Chuva forte	Superior a 7,5 mm h ⁻¹	Chuva parece cair em lençóis, não sendo possível identificar gotas isoladas. Observa-se formação rápida de poças d'água. A visibilidade é prejudicada.

Fonte: Adaptado de (REICHARDT, 1987; OLIVEIRA, 2001).

4.2 Escoamento Superficial da Água

A primeira definição de escoamento pode ser a partir de uma parcela da precipitação, do derretimento de gelo, ou irrigação, que não é controlada por uma represa a montante ou um rio. O escoamento pode ser classificado de acordo com a frequência que ele surge depois da chuva ou derretimento de gelo (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016).

Na ocorrência de um evento pluviométrico uma parcela da precipitação vai para formação das águas subterrâneas e a outra parte segue em escoamento conforme a inclinação. A água de escoamento ajuda a alimentar os lagos e os rios com a presença de mais água, ele pode mudar todo cenário ambiental com a ação da erosão (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016).

A primeira definição de escoamento pode ser a partir de uma parcela da precipitação, do derretimento de gelo, ou irrigação, que não é controlada por uma represa a montante ou um rio. O escoamento pode ser classificado de acordo com a frequência que ele surge depois da chuva ou derretimento de gelo (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016).

À medida que a água pluvial flui pela superfície da terra, esta capta potenciais poluentes que podem incluir sedimentos, nutrientes (de fertilizantes de grama),

bactérias (de animais e humanos), pesticidas (de gramados e jardins), metais (de telhados e estradas) e subprodutos de petróleo (de veículos com vazamento). A poluição através da água pluvial é considerada não pontual, pois é originária de uma grande área terrestre sem um único ponto de origem. O escoamento de águas pluviais poluídas pode ser prejudicial para plantas, animais e pessoas (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016).

Segundo (CANHOLI, 2014), em grande parte das bacias afetadas por inundação, verifica-se que a ocupação urbana local se desenvolveu no sentido de jusante para montante do rio/córrego. Ou seja, à medida que a bacia se desenvolve, os picos de vazão afluentes as canalizações nas porções de jusante crescem, e a solução para compatibilizar as capacidades torna-se difícil ou mesmo inviável, muitas vezes pela própria presença da urbanização, já bastante consolidada nas áreas mais baixas, ribeirinhas aos córregos, ver Figura 2.

Figura 2 - Conceito de Canalização x Conceito de Reservação

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre Reservatórios subterrâneos Retenção subsuperficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas Construção por fases Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas (em implantação) Construção por fases Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior Maiores obras nos sistemas de jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica Necessária fiscalização Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção Desinfecção eventual(insetos)
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

Fonte: (CANHOLI, 2014)

4.3 Condições Meteorológicas no Estado de São Paulo (2017 | 2018)

Com base nos dados obtidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), nos relatórios de “Qualidades das Águas Interiores do Estado de São Paulo” do anos de 2017 e 2018 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018 (a); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019 (a)) e do relatório de “Qualidade do Ar do Estado de São Paulo” (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018 (b); COMPANHIA AMBIENTAL

DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019 (b)), foi possível observar as características meteorológicas da região do Estado de São Paulo no período do estudo.

Em 2017, as chuvas no Estado de São Paulo alcançaram o acumulado de 1.414 mm, se aproximando da média histórica que considera dados dos últimos 20 anos. Em relação ao ano crítico de 2014, quando apenas 1.066 mm de chuva foram registrados, 2017 foi 33% mais chuvoso. Precipitações bastante irregulares durante a estação seca de 2017, com os meses de julho e setembro muito mais secos que o esperado e abril, maio e agosto muito mais chuvosos.

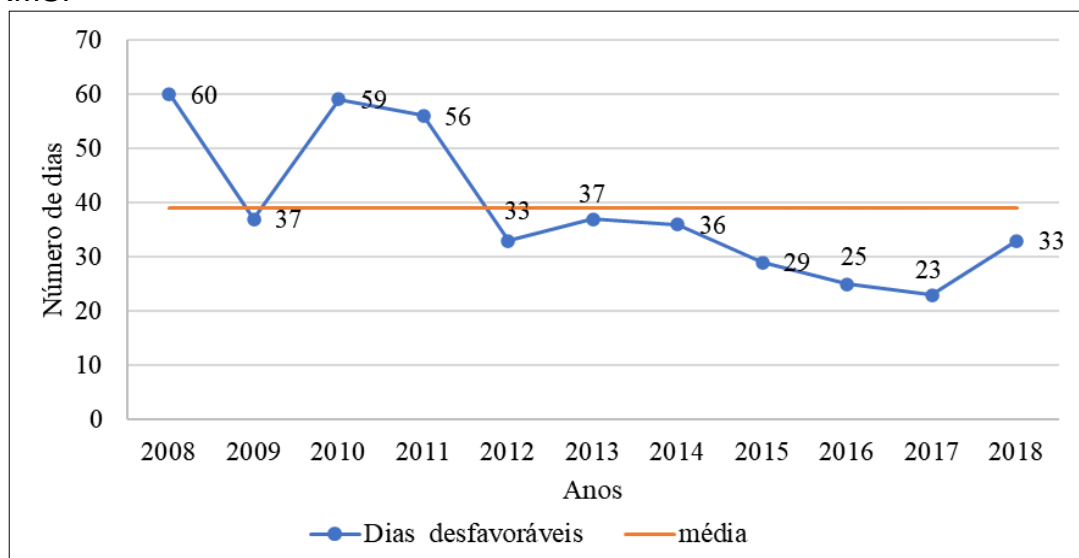
Em 2018, as chuvas no estado de São Paulo atingiram um acúmulo de 1.223 mm, ou seja, cerca de 14% abaixo da média geral dos 23 anos anteriores.

A influência no regime de chuvas, no ano de 2017 e 2018, variou com meses muito chuvoso e outros secos e quentes nas regiões do Estado de São Paulo. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2018(b)), o período de maio a setembro é, geralmente, o mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários¹ no Estado de São Paulo.

O período do inverno de 2017 foi considerado um dos mais favoráveis à dispersão de poluentes dos últimos dez anos, devido a ocorrência de 23 dias desfavoráveis, ou seja, menos dias de precipitação comparado aos últimos 10 anos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018 (b)), que equivale a 15% dos dias do período. Em maio, junho e agosto as ocorrências de chuva foram superiores às respectivas médias climatológicas, contudo, houve dois longos períodos de estiagem, que favoreceu para o aumento das concentrações ambientais dos poluentes primários em diversas regiões do Estado. O primeiro período foi de junho até a primeira quinzena de agosto, atingindo além da região Sudeste, das as regiões do Estado. O segundo período foi do fim de agosto até o fim de setembro, atingindo todo o Estado.

¹ Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão. Os poluentes secundários são aqueles formados da atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020)

Figura 3 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes de 2017 e 2018 – RMSD



Fonte: Adaptado de (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018 (b)) e (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019 (b)).

O período do inverno de 2018 foi considerado, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2019 (b)), o mais desfavorável meteorologicamente quando comparado aos últimos três anos, com a ocorrência de 33 dias desfavoráveis, o que corresponde a 22% dos dias do período

O acumulado de chuva, entre os meses de maio a setembro, ficou abaixo do normal climatológico para o mesmo período. Em maio, junho e julho foram os meses que tiveram registros de chuvas muito inferiores às respectivas médias climatológicas, em contrapartida, agosto teve a maior contribuição e setembro ficou próxima à respectiva média climatológica. Foi evidenciado baixa precipitação pluviométrica que se iniciou em meados de junho e se estendeu até o final de julho (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019 (b)).

Segundo o relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2019), o ano de 2017 foi marcado por uma situação de neutralidade das condições oceânicas e atmosféricas no Pacífico Equatorial em relação ao fenômeno de escala global El Niño-Oscilação Sul (ENOS), de acordo com a publicação Infoclima INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)² (2017b, citado por Companhia

² CETESB, *Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2017*. Governo do Estado de São Paulo | Secretaria do Meio Ambiente | CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 2018 (b).

Ambiental do Estado de São Paulo, 2018 (b), p.68). Contudo, ocorreu formação de bloqueios atmosféricos, tanto no Oceano Pacífico quanto no Oceano Atlântico, bem como atuações de sistemas de alta pressão sobre o continente que influenciaram no regime de chuvas, variando com meses muito chuvosos e outros secos e quentes nas regiões do Estado de São Paulo.

O ano de 2018, segundo o relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2019 (b)), no primeiro trimestre teve a atuação do fenômeno La Niña no oceano Pacífico Equatorial, com ápice no mês de janeiro e sinais de enfraquecimento no mês de março. A partir de abril, houve neutralidade das condições oceânicas e atmosféricas em relação ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) que perdurou até meados de setembro, quando houve indicação de aquecimento das águas do Pacífico Equatorial.

4.4 Poluição Difusa e o Escoamento Superficial

Os poluentes presentes na água pluvial de escoamento podem variar em cada bacia hidrográfica. Esses poluentes podem estar associados com diversas atividades (áreas que trabalham com agricultura, áreas com mecânicas automotivas e entre outros) e áreas com usos específicos (áreas de construção, áreas de estacionamento e entre outros). Com o estudo das regiões de coleta pelos padrões de uso, as características das bacias hidrográficas e as condições hidrográficas e meteorológicas, é possível delimitar quais fontes difusas estão presentes nesses locais (BURTON JR e PITT, 2002).

Estudo, como CANTERAS, OLIVEIRA e MOREIRA (2019), mostra que os veículos automotivos são os maiores responsáveis pelas emissões de poluentes do ar. Esses poluentes podem contaminar o solo com a sua deposição no meio. As emissões veiculares podem apresentar metais decorrentes das queimas de combustíveis, óleos lubrificantes, ao desgaste dos componentes do motor, bem como ao uso em conversores catalíticos e ao desgaste da superfície dos trilhos.

As concentrações mais altas dos elementos são encontradas nos solos localizados mais próximos às estradas e rodovias, relacionados ao tráfego de veículos, como cromo, níquel, cobre, zinco, antimônio, bário e chumbo, e suas

concentrações tendem a decrescer com a profundidade do solo e a distância da estrada (CANTERAS, OLIVEIRA e MOREIRA, 2019).

Estudos realizados em Istambul (Turquia) demonstraram que os metais como chumbo, cobre, manganês, zinco, cádmio e níquel foram os poluentes ambientais mais significativos encontrados na poeira da estrada. Altas concentrações de metais tóxicos também foram observadas em cruzamentos controlados por semáforos, em Birmingham, no Reino Unido. Estudos realizados em Boaji (China) foram encontrados os metais chumbo, zinco e cobre na poeira da estrada. Devido ao fato de que o solo pode ser uma fonte principal de poeira e um reservatório para a deposição de poeira, é importante avaliar os efeitos do tráfego na distribuição e nos níveis de metais pesados em solos na estrada (CANTERAS, OLIVEIRA e MOREIRA, 2019; CHEN, XIA, *et al.*, 2010).

Estudos sobre a poluição atmosférica têm se intensificado nos anos, principalmente avaliando a correlação de elementos-traço com a deposição atmosférica utilizando biomonitorios e a grande diversificação de fontes de poluição (FUGA, 2006).

Os estudos de amostras de líquens provenientes da cidade de São Paulo (MONTEZANI, 2010) indicaram que as origens dos elementos podem ser atribuídas principalmente às emissões veiculares, seguida de emissões industriais e do solo. Nos líquens, foram determinados os elementos chamados de marcadores de emissões veiculares (Br, Co, Sb e Zn), de emissões industriais (Cr, Co e Fe) e do solo (Sb, Se, Rb e La).

Rocha (2015), utilizou o biomonitoramento passivo para realizar estudos da poluição atmosférica no Campus da Cidade Universitária Armando Sales de Oliveira (CUASO). Os resultados mostraram que as concentrações médias de As, Br, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Rb, Sb, Se, e U foram mais altas do que daquelas das regiões consideradas não poluídas e para Fe, K, La, S, V e Zn foram da mesma ordem de grandeza. Os estudos de correlação e pelos resultados obtidos foi concluído que a origem dos elementos determinados nos líquens pode ser atribuída como a ressuspensão de partículas de solo e emissões antrópicas.

Os metais estão presentes em diversas áreas do meio ambiente, como na atmosfera, na água, solo, sedimento e nos organismos vivos, e são controlados por processos químicos, físico e biológicos (FAUSTINO, 2016; MORTATTI e PROBST, 2010). Segundo Duffus (2002), o termo metal no uso convencional refere-se ao elemento puro ou uma liga de elementos metálicos. Os metais são definidos como bom condutor de calor e eletricidade, maleável, e dúctil, forma cátions, têm brilho e têm óxidos básicos.

Os metais potencialmente tóxicos estão presentes em quantidades diminutas no meio aquático por ação de fenômenos naturais, mas podem ser despejados em quantidades significativas por atividades industriais, agrícolas e de mineração (BRAGA, HESPANHOL, *et al.*, 2005; FAUSTINO, 2016).

O metal dissolvido presente em água natural possui ínfima porção em forma de íon livre, o restante está complexado em ligantes químicos orgânicos e inorgânicos, que influenciam a biodisponibilidade, toxicidade e modalidade do metal. As formas que os metais podem ser encontrados são: íon livre hidratado; complexo inorgânico e orgânico - dissolvido; espécie metálica na forma de coloide disperso; e metal adsorvido nos coloides ou material em suspensão (VIEIRA, 2000).

A presença de metais-traços, na água ocorre por processos de erosão de materiais sólidos e leitos rochosos e pela precipitação atmosférica, no entanto esses processos estão sendo alterados pela ação antrópica (VIEIRA, 2000). A contaminação nos ambientes aquáticos por metais é preocupante devido a sua toxicidade e abundância no meio ambiente, principalmente no meio aquático, no qual há acumulação de metais na flora e fauna, conseqüentemente entra na cadeia alimentar e pode acarretar efeitos nocivos não só para a fauna, mas também para os seres humanos. Os metais-traços são as principais causas desses efeitos nocivos, onde são provenientes do despejo de efluentes domésticos e indústrias no recurso hídrico (COELHO, GONÇALVES JR., *et al.*, 2014) (VIEIRA, 2000).

Segundo Gregório e Zuffo (2018) o deflúvio superficial urbano contém, geralmente, todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Na ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em telhados, gramados, ruas, valas, e bueiros etc., são arrastados pelas águas pluviais para os cursos de águas

superficiais, constituindo-se numa fonte de poluição tanto maior quanto menos eficiente for a coleta de esgotos ou a limpeza pública (GREGÓRIO e ZUFFO, 2018).

Neste estudo, para a escolha dos parâmetros avaliados, foi realizada uma análise sistemática das atividades decorrentes da área de estudo, processos e uso e ocupação do solo no campus do IPEN, as possíveis fontes na área estudada, suas atividades e processos, bem como o inventário detalhado das fontes significativas emissoras de poluentes atmosféricos existentes no campus do IPEN - Cidade Universitária (São Paulo/SP), existente nos relatórios e respectivo Plano de Monitoramento e Controle das Emissões Atmosféricas (PMEA) do IPEN, 2016 a 2020. Foram observadas as diferentes formas de aporte dos elementos que possam estar presentes nas águas de escoamento superficial.

Deste modo, os elementos e multitraçadores quantificados e discutidos nesse estudo foram: Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Boro (B), Cádmio (Cd), Cálcio (Ca), Cério (Ce), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Estrôncio (Sr), Ferro (Fe), Índio (In), Lantânio (La), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Potássio (K), Sódio (Na), Silício (Si), Titânio (Ti), Tório (Th), Urânio (U) e Zinco (Zn). E suas respectivas características serão abordadas nos tópicos seguintes.

4.4.1 Alumínio

O elemento mais abundante na crosta terrestre, o alumínio só é menos abundante do que oxigênio e o silício (PEIXOTO, 2001). É um elemento leve e resistente e pode ser utilizado em diversas aplicações, como na fabricação de revestimentos de automóveis, navios e aviões, janelas, latas de refrigerante e cervejas; e entre outros (DO CANTO, 2006).

No meio aquático, o alumínio pode ocorrer em diversas formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoreto, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), a solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam entre 0,001 a 0,05 mg L⁻¹, mas aumentam para 0,5 a 1 mg L⁻¹ em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica.

O sulfato de alumínio é muito utilizado no tratamento de água. Na fase inicial do tratamento a fase de clarificação, o sal aglutina toda a matéria em suspensão e forma flocos que ganham densidade e sedimentam. Depois é realizado os processos de coagulação, decantação, filtração, desinfecção correção e fluoretação. Após todos os processos realizados a água pode ser distribuída a rede de abastecimento (CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA, 2008).

Por ser um elemento não essencial ao corpo humano, o alumínio pode ser tóxico e acumulativo, podendo provocar Insuficiência Renal Crônica (IRC) (GARCIA, GIODA e NASCIMENTO, 1996).

4.4.2 Antimônio

O antimônio (Sb) considerado um semimetal pode existir na forma orgânica e inorgânica possui estrutura romboédrica, mas com altas pressões pode-se converter a uma estrutura cúbica e hexagonal. É obtido pela redução do sulfeto com ferro (BRAGA, HESPANHOL, *et al.*, 2005; HOUSE, 2008).

Pode ser usada em baterias automotivas, devido sua combinação em placas de chumbo formando uma liga mais forte e dura (HOUSE, 2008).

O tartarato duplo de antimônio e potássio ou tártaro emético é um sal considerado venenoso, incolor, com uma alta solubilidade em água, enquanto a maioria dos antimônios inorgânicos possui baixa solubilidade (HOUSE, 2008). O Sb é usado como retardante de fogo em materiais plásticos, borrachas, têxteis, tintas e papel (NORDBERG, FOWLER, *et al.*, 2007). A presença de antimônio no meio ambiente está associada a queima de combustíveis fósseis e desgaste de freios de veículos (SCHAUER, LOUGH, *et al.*, 2006).

A contaminação desse composto em água, onde há organismos aquáticos, possui taxa de toxicidade classificado pela sigla TL_m , que exprime a concentração de uma substância tóxica na qual 50% dos organismos em estudo sobrevivem em um determinado tempo. O TL_m do antimônio em 96h é igual a 10 a 100 mg L⁻¹. Espécies de peixes do tipo *PIMEPHALES PROMELAS* possuem taxa de toxicidade de TL_m em 96h igual a 20 mg L⁻¹ (em água mole) e TL_m em 96h igual a 12mg L⁻¹ (em água dura) (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

Estudo (ROCHA, 2015) sobre a avaliação da poluição atmosférica de elementos químicos utilizando a análise de líquen epifítico no campus da Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira” (CUASO) observou que a concentração de Sb em líquen apresentou ampla variabilidade a concentração média encontrada na área de estudo foi sete vezes maior do que os valores de regiões mais limpas. O estudo obteve altas concentrações de Sb próxima a Rodovia da Marginal Pinheiros, indicando possível associação deste elemento a emissões veiculares.

4.4.3 Boro

Ácido bórico e os boratos são utilizados na manufatura de vidraria (fibra de vidro, vidros de borossilicato), em sabonetes e detergentes, retardantes de chamas, etc. O ácido bórico, os boratos e os per-boratos também são utilizados em antissépticos, farmacêuticos (como tampão de pH), na denominada terapia por captura de nêutrons terapia (no tratamento do câncer), na formulação de pesticidas e de fertilizantes agrícolas (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Em água subterrânea e superficiais, o teor de boratos naturais é geralmente baixo. Em águas superficiais o teor pode ser significativamente aumentado por descargas domésticas, uma vez que compostos de boro são ingredientes de detergentes e outros produtos de limpeza. O boro de origem natural está presente na água subterrânea principalmente como resultado da lixiviação de rochas e solos contendo boro e borossilicato. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Estudo (ROSE-KOGA, SHEPPARD, *et al.*, 2006) demonstra que o boro pode ser encontrado na composição das precipitações atmosférica, provenientes das frações do vapor, via condensação e precipitação, marítimo.

4.4.4 Cádmi

O cádmio (Cd) é um elemento traço mais tóxico e é encontrado na natureza associado a minérios de cádmio, chumbo e sendo encontrado como subproduto da

fusão do zinco, já que os dois metais ocorrem usualmente juntos (BAIRD, 2002; KABATA-PENDIAS, 2010).

Sua aplicação está na produção de pilhas, baterias, pigmentos, revestimentos e estabilizantes de plásticos podendo estar presente na produção de diesel e gasolina (PULLES, VAN DER GON, *et al.*, 2012).

Na atmosfera suas fontes naturais são através de erosões de rochas sedimentares e fosfáticas, incêndios florestais e atividades vulcânicas. As fontes antropogênicas ocorrem a partir de produção industrial desse metal, consumo, atividade de mineração e produtos que utilizam o cádmio. Podem ser encontrados também a partir das rochas fosfáticas, que é a base para fertilizantes fosfatados. É volátil em temperaturas extremamente altas e sua principal forma na atmosfera é o óxido de cádmio, mas o sal (cloreto de cádmio) pode ocorrer durante o processo de incineração (FAUSTINO, 2016) (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

Sua presença em material particulado pode estar associada de poeira de estrada (SCHAUER, LOUGH, *et al.*, 2006) e a queima de combustíveis (PULLES, VAN DER GON, *et al.*, 2012). Estudos relacionados a presença de Cd em líquens demonstraram que pode estar associada a tráfego veicular (ROCHA, 2015).

SAIKI, FUGA, *et al.*, (2007) relacionaram as altas concentrações de Cd e Zn nos líquens coletados na cidade de Santo André, com emissões de indústrias e fábricas petroquímicas próximas. Estudos realizados na CUASO (ROCHA, 2015), relacionaram que as possíveis fontes de Cd presente nos líquens podem ser atribuídas a emissões veiculares.

4.4.5 Cálcio

O cálcio é o quinto elemento mais abundante da Terra, cerca de 3,5% da massa da crosta terrestre e cerca de 8% da crosta da Lua. Além disso, ele é o elemento metálico mais abundante no corpo humano. Ele é essencial para o crescimento e manutenção dos ossos e dos dentes e ajuda na coagulação do sangue e na contração muscular (PEIXOTO, 2004).

Sendo um metal de baixa dureza, cor prateada, o cálcio reage facilmente com o oxigênio do ar e com a água. É encontrado na natureza como constituinte de rochas, como calcários, como o mármore (CaCO_3), *gipso* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e fluorita (CaF_2). Possui muitas utilidades na área indústria, por exemplo, como agente redutor na preparação de metais como tório, urânio, zircônio e entre outros. Além disso, pode ser usado como desoxigenador, dessulfurizador e decarbonizador de várias ligas metálicas (PEIXOTO, 2004).

O Ca pode ser correlacionado com as emissões de poluentes atmosférico, associados a fontes veiculares, devido a sua utilização em óleos lubrificantes (FIGUEIREDO, NOGUEIRA, *et al.*, 2007).

4.4.6 Cério

O elemento cério é um metal cinza. É pouco utilizado porque mancha facilmente, reage com a água e queima quando aquecido. Seu principal uso é ser componente da liga mischmetal (pouco menos de 50%). O uso mais conhecido para esta liga está em "pederneiras" para isqueiros. Isso ocorre porque o cério produz faíscas quando atingido e o único outro elemento capaz do mesmo fenômeno é o ferro (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

O óxido de cério (III) tem usos como catalisador. É utilizado nas paredes internas de fornos autolimpantes para evitar o acúmulo de resíduos de cozimento. Também é usado em conversores catalíticos. Nanopartículas de óxido de cério (III) estão sendo estudadas como um aditivo para o combustível diesel, para ajudá-lo a queimar mais completamente e reduzir as emissões de escape (MARTINS, HEWER e FREIRE, 2007; ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020)

O sulfeto de cério é um composto não tóxico, de cor vermelha rica. É usado como pigmento. O cério também é usado em TVs de tela plana, lâmpadas de baixa energia e projetores (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

4.4.7 Chumbo

O chumbo (Pb) é um metal tóxico e não é abundante na crosta terrestre, mas é obtido de forma simples, por isso é conhecido desde a antiguidade (DO CANTO, 2006).

O chumbo na forma metálica não é tóxico, mas o íon Pb^{2+} presentes em compostos que contém esse metal, ao serem ingeridos podem ser altamente venenosos. Os íons no organismo inibem a produção de hemoglobina e possui um efeito acumulativo, ou seja, mesmo sendo ingerido em pequenas doses ele acumula no organismo, podendo causar envenenamento (DO CANTO, 2006).

No meio ambiente, estudo (PULLES, VAN DER GON, *et al.*, 2012) demonstra que o Pb pode estar presente nas emissões de diesel e petróleo veicular.

Por causa dessa toxicidade encanamentos de chumbo não são mais utilizados, sobretudo para conduzir a água que pode ser ingerida pelas pessoas (DO CANTO, 2006).

4.4.8 Cobre

Segundo Do Canto (2006), o cobre é um elemento raro na crosta terrestre, com apenas 0,0068% de sua massa. Há mais de 360 minerais de cobre, mas somente alguns são explorados, como por exemplo, o próprio minério não combinado, Cu, calcopirita (Cu_2S), cuprita (Cu_2O), malaquita ($CuCO_3.Cu(OH)_2$), atacamita $CuCl_2.3Cu(OH)_2$ e a calcosita ou calcocita (Cu_2S) (DO CANTO, 2006).

Os compostos de cobre são utilizados para pulverizar plantas a fim de protege-las contra micro-organismos. Por exemplo, o sulfato de cobre é adicionado à água com objetivo de deter a proliferação de algas e fungos (DO CANTO, 2006).

Nos seres vivos, o íon Cobre (II) é um elemento traço essencial, sendo o mais abundante em humanos, depois do ferro e do zinco, que necessitam de uma ingestão diária de 2 a 5 mg de cobre por dia (RODRIGUES, SILVA e GUERRA, 2012).

4.4.9 Cromo

Há pouca quantidade de cromo na crosta terrestre, 0,0012% de massa. É um metal muito resistente à corrosão e os mais comuns são o cromo (II), (III) e (VI). O minério mais típico e abundante é a cromita ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), contendo cerca de 40 a 50% do metal.

Os compostos de cromo podem ser encontrados na natureza em rochas, solo, poeiras, névoas vulcânicas, água, plantas e animais. Em ambientes não contaminados pela ação antrópica, o teor de cromo é aproximadamente de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ na água e $0,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ no ar. As emissões industriais, de origem antrópica, ocorrem através da produção da liga ferrocromo, refino do minério e o seu tratamento químico, são os principais contaminantes do meio ambiente (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

4.4.10 Estrôncio

Um metal macio e prateado que queima no ar e reage com a água. Os seus sais possuem uma cor avermelhada brilhante quando utilizados nos fogos de artifícios. Também é usado na produção de ímãs de ferrite e refino de zinco (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

O estrôncio-90, um isótopo radioativo, é um subproduto de reatores nucleares e está presente em precipitação nuclear. Tem meia-vida de 28 anos. É absorvido pelo tecido ósseo em vez de cálcio e pode destruir a medula óssea e causar câncer. No entanto, também é útil, pois é um dos melhores emissores beta de alta energia conhecidos. Pode ser usado para gerar eletricidade para veículos espaciais, estações meteorológicas remotas e boias de navegação (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020; NORDBERG, FOWLER, *et al.*, 2007).

O estrôncio é incorporado às conchas de algumas criaturas do fundo do mar e é essencial para alguns corais pedregosos. Não possui papel biológico em humanos e não é tóxico. Por ser semelhante ao cálcio, pode imitar seu caminho para o corpo, terminando nos ossos (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020) (NORDBERG, FOWLER, *et al.*, 2007).

4.4.11 Ferro

O ferro é encontrado na crosta terrestre somente na forma combinada com outros elementos como, por exemplo, alguns minérios mais representativos são eles a hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), siderita (FeCO_3) e limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (DO CANTO, 2006).

O ferro está presente principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério siderita pelo gás carbônico da água. É utilizado no tratamento de água para o abastecimento público, empregado como coagulante a base de ferro (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

O ferro combinado com outros elementos, como o manganês, cromo, níquel, molibdênio, vanádio ou titânio, tem-se a formação de ligas (DO CANTO, 2006). Pode estar presente, na atmosfera, através da poeira provenientes das emissões de tráfego automotivo (RAMÍREZ, DA BOIT, *et al.*, 2020).

Mesmo não sendo considerado tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Pode modificar a cor e o sabor da água, além de provocar contaminações biológicas na água através do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias (MEDEIROS, 2010) (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

4.4.12 Índio

Um metal macio e prateado, estável no ar e na água. É mais utilizado para produzir óxido de índio e estanho, que é uma parte importante de telas sensíveis ao toque, TVs de tela plana e painéis solares. Isso ocorre porque conduz eletricidade, vincula-se fortemente ao vidro e é transparente. Nitreto de índio, fosfeto e antimoneto são semicondutores usados em transistores e microchips (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

O elemento índio, juntamente com os elementos prata e o cádmio, é utilizado, em forma de liga, em reatores nucleares tipo PWR como Angra I, nas varetas de controle entre elementos combustíveis. Estas barras são de um material especial

para absorver nêutrons e, assim, controlar a reatividade do reator (VIEIRA e CARDOSO, 1997).

4.4.13 Manganês

Um metal que possui cerca de 0,11% da massa da crosta terrestre e seu principal minério é a pirolusita (MnO_2). Para a formação do manganês (Mn) ocorre o aquecimento do minério que reage com o carbono e resulta em um manganês metálico (DO CANTO, 2006).

Na água esse elemento é encontrado na forma dissolvida e suspensa, que podem variar conforme pH e potencial redox. Nas águas subterrâneas anaeróbia na maioria das vezes apresenta o manganês dissolvido, já nos rios é transportado adsorvido a partículas suspensas nos sedimentos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

É possível se acumular em organismos como algas, moluscos e alguns peixes, mas a bioacumulação do manganês é maior em níveis tróficos, inferiores do que em superiores, por isso não é significativa (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

4.4.14 Magnésio

O magnésio é o oitavo elemento em abundância na crosta terrestre, cerca de 2,5%. Com uma densidade baixa, cerca de 2/3 da densidade do alumínio, tem uma grande importância na forma de ligas na área aeroespacial. Sua obtenção na área industrial é realizada a partir da eletrólise do cloreto de magnésio ($MgCl_2$) fundido; O $MgCl_2$ é obtido através de jazidas de sais, como NaCl, ou pela água do mar (PEIXOTO, 2000).

Na natureza esse elemento está presente na clorofila, substância primordial para fotossíntese. Sendo assim, a sua função nas plantas corresponde ao ferro na hemoglobina. É importante na vida animal em geral, participando em uma série de reações enzimáticas, especialmente no metabolismo de açúcares. Ele está presente em todas as células, fluidos e nos ossos e músculos do corpo humano

(PEIXOTO, 2000). E pode ser encontrado em partículas de sal marinho (RAMÍREZ, DA BOIT, *et al.*, 2020).

4.4.15 Molibdênio

A maior parte do molibdênio é usada para fazer ligas. É usado em ligas de aço para aumentar a resistência, dureza, condutividade elétrica e resistência à corrosão e ao desgaste. Essas ligas de "aço molibdênio" são usadas em partes de motores. Outras ligas são usadas em elementos de aquecimento, brocas e lâminas de serra (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY , 2020; NORDBERG, FOWLER, *et al.*, 2007).

O dissulfeto de molibdênio é usado como aditivo lubrificante. Outros usos para o molibdênio incluem catalisadores para a indústria do petróleo, tintas para placas de circuito, pigmentos e eletrodos (PULLES, VAN DER GON, *et al.*, 2012; ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY , 2020).

Embora seja tóxico em altas quantidades, o molibdênio é um elemento essencial para animais e plantas. Existem cerca de 50 enzimas diferentes usadas por plantas e animais que contêm molibdênio. Uma delas é a nitrogenase, encontrada em bactérias fixadoras de nitrogênio que tornam o nitrogênio do ar disponível para as plantas. As plantas leguminosas têm nódulos nas raízes que contêm essas bactérias fixadoras de nitrogênio (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY , 2020).

4.4.16 Níquel

Considerado um elemento raro, por existir apenas 0,01% da massa na crosta terrestre. O minério mais encontrado e mais importante é a pentlandita (FeS.NiS), sua obtenção ocorre através da ustulação do sulfeto de níquel (NiS) e em seguida a redução com o carbono (DO CANTO, 2006).

O níquel é utilizado na fabricação de aço inoxidável, por ser resistente a corrosão de ácidos, sais e álcalis. É usado na produção de ligas, baterias alcalinas,

moedas, pigmentos inorgânicos, próteses clínicas e dentárias (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

No solo, água, ar e na biosfera o níquel aparece em concentrações traços. Nos rios, o níquel, transporta-se como partículas precipitadas com material orgânico; nos lagos, a forma iônica é predominantemente, associada com material orgânico. A deposição desse elemento no sedimento pode ocorrer por processos de precipitação, complexação, adsorção em argila e agregado a biota. O níquel não é acumulado em quantidades significativas por organismos aquáticos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

4.4.17 Potássio

O potássio é um metal comum na crosta terrestre, pode ser encontrado em rochas, solos, oceanos e lagos. Oxida-se com o oxigênio do ar e é muito reativo com água. É utilizado na fabricação de fertilizantes, com o hidróxido de potássio (KOH) e na fabricação de vidros com o carbonato de potássio (K_2CO_3). Além disso, o KOH é utilizado na fabricação de sabão líquido e detergente. Na forma de liga de sódio e potássio (NaK) é utilizado como fluido de transferência de calor em processos especiais de refrigeração de reatores nucleares (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

Pode ser utilizado como oxidante no tratamento de água com o uso de permanganato de potássio. As concentrações encontradas em água para consumo são baixas e não representa risco a saúde, porém o uso de cloreto de potássio para tratamento de água dura de uso doméstico pode aumentar consideravelmente a exposição (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

4.4.18 Sódio

O minério mais conhecido de sódio é o carbonato de sódio, hoje conhecido como *trona*. O sódio originou-se da eletrólise da soda cáustica fundida, feita pelo seu descobridor Humphry Davy, em 1807. Atualmente utiliza-se uma mistura de NaCl com Na_2CO_3 ou $CaCl_2$ (PEIXOTO, 1999).

Na atmosfera o sódio pode ser encontrado em partículas de sal marinho (RAMÍREZ, DA BOIT, *et al.*, 2020). Os sais de sódio estão presentes na natureza em abundância. As membranas dos seres humanos são controladas pelo equilíbrio dos os íons de sódio em conjunto com íons de potássio. Quando há um desequilíbrio desses elementos pode causar diarreia e desidratação em indivíduos acometidos por certas doenças e distúrbios intestinais (PEIXOTO, 1999).

4.4.19 Lantânio

Um metal macio e branco prateado. Mancha rapidamente no ar e queima facilmente quando inflamado. É um metal que não tem usos comerciais. No entanto, suas ligas têm uma variedade de usos, como por exemplo, uma liga de lantânio e níquel é usada para armazenar gás hidrogênio para uso em veículos movidos a hidrogênio. O lantânio também é encontrado no ânodo das baterias de níquel-hidreto metálico usadas em carros híbridos (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

Os sais de lantânio são usados em catalisadores para refino de petróleo. O íon La^{3+} é usado como rastreador biológico do Ca^{2+} , e o lantânio radioativo foi testado para uso no tratamento de câncer. E não tem papel biológico conhecido. Tanto o elemento como seus compostos são moderadamente tóxicos (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

4.4.20 Silício

O silício compõe 27,7% da crosta terrestre por massa e é o segundo mais abundante elemento. É mais usado para a fabricação de ligas incluindo ligas de alumínio-silício e ferrosilício. Eles são usados para fabricar placas de dínamo e transformador, blocos de motor, cabeçotes e máquinas-ferramentas e desoxidar o aço (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

O elemento silício é amplamente utilizado como semicondutor em dispositivos de estado sólido nas indústrias de computadores e microeletrônica. Para isso, é necessário silício hiperpuro. O silício é dopado seletivamente com pequenas

quantidades de boro, gálio, fósforo ou arsênico para controlar sua propriedade elétrica (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

O silício é essencial para a vida das plantas, mas seu uso em células animais é incerto. Os fitólitos são pequenas partículas de sílica que se formam dentro de algumas plantas. Como essas partículas não apodrecem, elas permanecem em fósseis e nos fornecem evidências evolutivas úteis. Não é tóxico, mas alguns silicatos, como o amianto, são cancerígenos. Trabalhadores, como mineiros e pedreiros, expostos a poeira silicosa, podem desenvolver uma doença pulmonar grave chamada silicose (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

4.4.21 Titânio

O titânio é o 9º elemento mais abundante da Terra e está quase sempre presente em rochas ígneas e nos sedimentos deles derivados. Ocorre nos minerais ilmenita, rutilo e esfero e está presente em titanatos e em muitos minérios de ferro. É um metal duro, brilhante e forte e não tóxico. É tão forte quanto o aço, mas muito menos denso. Portanto, é importante como agente de liga com muitos metais, incluindo alumínio, molibdênio e ferro. Essas ligas são usadas principalmente em aeronaves, naves espaciais e mísseis por causa de sua baixa densidade e capacidade de suportar temperaturas extremas. Eles também são usados em tacos de golfe, laptops, bicicletas e muletas. O óxido de titânio (IV) é usado em filtros solares porque impede que a luz UV atinja a pele. Nanopartículas de óxido de titânio (IV) parecem invisíveis quando aplicadas na pele (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

Os condensadores das usinas usam tubos de titânio devido à sua resistência à corrosão. Como o titânio possui excelente resistência à corrosão na água do mar, é usado em usinas de dessalinização e para proteger os cascos de navios, submarinos e outras estruturas expostas à água do mar (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

O maior uso de titânio está na forma de óxido de titânio (IV). É amplamente utilizado como pigmento em pinturas domésticas, tintas de artistas, plásticos, esmaltes e papel. É um pigmento branco brilhante com excelente poder de

cobertura. Também é um bom refletor da radiação infravermelha e, portanto, é usado em observatórios solares, onde o calor causa pouca visibilidade (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

4.4.22 Tório

Um metal prateado fracamente radioativo. É um importante agente de liga do magnésio, pois confere maior força e resistência à fluência a altas temperaturas. O óxido de tório é usado como catalisador industrial. Anteriormente, o dióxido de tório era adicionado ao vidro durante a fabricação para aumentar o índice de refração, produzindo vidro torcido para uso em lentes de câmera de alta qualidade (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020; MOURA, 2019)

O tório pode ser usado como fonte de energia nuclear. É cerca de três vezes mais abundante que o urânio e quase tão abundante quanto o chumbo, e provavelmente há mais energia disponível no tório do que nos combustíveis fósseis e urânio (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

4.4.23 Urânio

O elemento urânio tem uma distribuição diversificada sobre a crosta terrestre, mas as reservas economicamente atrativas dependem do teor da substância presente no minério, além da disponibilidade tecnológica utilizada para a extração e beneficiamento. Existe na natureza na forma de três isótopos: U^{234} , U^{235} , U^{238} . É um elemento radioativo e pertence ao grupo dos actinídeos. É o elemento natural de maior número atômico, superado apenas por, talvez, traços de netúnio e plutônio (HEIDER, 2017).

A importância desse elemento é o fornecimento de combustível nuclear, utilizado para gerar eletricidade em usinas nucleares. É também o principal material do qual são feitos outros elementos sintéticos de transurânico (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020).

No Brasil, o urânio, um metal radioativo e considerado estratégico, tem sua mineração controlada pela União, através da CNEN (Comissão Nacional de

Energia Nuclear), autarquia criada em 1956 e atualmente, vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (HEIDER, 2017).

4.4.24 Zinco

O zinco é um elemento essencial para a saúde humana, mas pode ser um contaminante para o meio ambiente. O Zn é encontrado, principalmente, sob a forma de sulfetos, associado ao chumbo, cobre, prata e ferro (galena, calcopirita, argentita e pirita, dentre outros). O minério sulfetado de zinco está sujeito a grandes transformações na zona de oxidação formando óxidos, carbonatos e silicatos. As mineralizações ocorrem, principalmente, nas rochas calcárias que são as hospedeiras usuais (JESUS, 2001).

As emissões de poluição atmosférica associadas a fontes veiculares podem conter Zn, pois o mesmo é utilizado em óleos lubrificantes (FIGUEIREDO, NOGUEIRA, *et al.*, 2007).

A utilização do zinco, em diversos tipos de produtos, faz com que ele esteja presente em diversos lugares e o ciclo de vida desses produtos podem variar de 1 a 100 anos ou mais, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Ciclos de vida típicos dos produtos que contém zinco

Produtos	Usos	Ciclo de Vida (anos)
Folha de Zinco	Telhados	100 +
	Revestimentos	200 +
Produtos de Latão	Ampla Gama	10 +
Peças de unidades	Carros, aparelhos, ferragens, etc	10 – 15 +
Revestimentos Galvanizados	Carros, telhados e revestimentos de edifícios	10 – 15 +
Produtos Fabricados	Ampla gama de estruturas: Instalações industriais, rodoviárias e de usina elétricas	25 +
Substâncias Químicas de Zinco	Pneus, produtos de borracha	1 – 5

Fonte: (ICZ, INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS, 2018).

4.5 Análise físico-química

4.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) está relacionado com a intensidade das condições ácidas e/ou alcalinas do meio, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+) (TELLES, 2013).

A escala do cálculo é em antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). A influência do valor do pH pode influir na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2014).

As alterações do pH, no meio, podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento os valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações. Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se, geralmente, na faixa de 6 a 9 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016). Existem, no entanto, várias exceções a esta recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácido húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nesta situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica. A acidificação das águas pode ser também um fenômeno derivado da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações. Podem, também, existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos, em função da composição química de suas águas, como é o exemplo de alguns lagos africanos, nos quais o pH chega a ultrapassar o valor de 10 (TELLES, 2013; BRASIL, 2014).

4.5.2 Temperatura

A temperatura pode influenciar diretamente nas atividades biológicas e físico-químicas do meio. É uma variável que age diretamente sobre as reações e pode interferir diretamente nas variáveis, pH, viscosidade, condutividade, oxigênio dissolvido, tensão superficial, oxigênio dissolvido, compressibilidade, constante de ionização e calor específico (TELLES, 2013).

Expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A temperatura pode ser alterada, no meio, por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C. Entretanto, em regiões mais frias, como no sul do país, a temperatura da água em períodos de inverno pode baixar a valores entre 5°C e 15°C, atingindo, em alguns casos, até o ponto de congelamento. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de resfriamento, a fim de adequá-las ao abastecimento (BRASIL, 2014).

4.5.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água está relacionada com a quantidade de sólidos dissolvidos e com a salinidade que se dissociam em ânions e cátions, além disso pode indicar se há contaminação, do meio aquático, por efluentes domésticos ou industriais (TELLES, 2013).

Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade elétrica da água deve ser

expressa em unidades de resistência (mho ou S) por unidade de comprimento (geralmente cm ou m) (BRASIL, 2014).

4.5.4 Oxigênio dissolvido

Trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático, já que vários organismos para respirar (por exemplo, peixes). É sabido que a dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade). As variações nos teores de oxigênio dissolvido (OD) estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Para a manutenção da vida aquática aeróbica os teores mínimos necessários são de 2 mg. L⁻¹ a 5 mg. L⁻¹ de concentração de OD. Para espécies piscícolas as concentrações mínimas disponíveis de sobrevivência são de 4 mg. L⁻¹ para a maioria dos peixes e de 5 mg. L⁻¹ para trutas. Em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio dissolvido) os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida (isto é, não oxidada), a qual é geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando, portanto, as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem no ambiente. À medida em que cresce a concentração de oxigênio dissolvido os compostos vão se precipitando, ficando armazenados no fundo dos corpos d'água (BRASIL, 2014; BRAGA, HESPANHOL, *et al.*, 2005).

4.5.5 Sólidos

Os sólidos é toda a matéria que permanece como resíduo após a evaporação, secagem ou evaporação. Presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos) (TELLES, 2013; PIVELI e KATO, 2005; WESTERLUND e VIKLANDER, 2006).

Segundo Piveli, *at al.* (2005) os sólidos são definidos nas seguintes frações:

a) Sólidos totais (ST): Resíduo que resta na cápsula após a evaporação em banho maria de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa a 103-105°C até peso constante. Também denominado resíduo total.

b) Sólidos em suspensão (ou sólidos suspensos) (SS): É a porção dos sólidos totais que fica retida em um filtro que propicia a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 µm. Também denominado resíduo não filtrável (RNF).

c) Sólidos Voláteis (SV): é a porção dos sólidos (sólidos totais, suspensos ou dissolvidos) que se perde após a ignição ou calcinação da amostra a 550-600°C, durante uma hora para sólidos totais ou dissolvidos voláteis ou 15 minutos para 9 sólidos em suspensão voláteis, em forno mufla. Também denominado resíduo volátil.

d) Sólidos Fixos (SF): É a porção dos sólidos (totais, suspensos ou dissolvidos) que resta após a ignição ou calcinação a 550-600°C após uma hora (para sólidos totais ou dissolvidos fixos) ou 15 minutos (para sólidos em suspensão fixos) em forno-mufla. Também denominado resíduo fixo.

e) Sólidos Sedimentáveis (SSed): É a porção dos sólidos em suspensão que se sedimenta sob a ação da gravidade durante um período de uma hora, a partir de um litro de amostra mantida em repouso em um cone Imhoff.

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite permitido: 1000 mg L⁻¹), já que esta parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (BRASIL, 2017; BRASIL, 2014).

A variação dos sólidos pode estar ligada a sazonalidade da disposição atmosférica quanto as variáveis de tráfego, limpeza de ruas, tamanho do evento. Uma infinidade de parâmetros influencia diretamente nas flutuações dos constituintes do escoamento superficial. (WESTERLUND e VIKLANDER, 2006; VALTANEN, SILLANPÄÄ e SETÄLÄ, 2015); (HUBER, WELKER e HELMREICH, 2016).

4.5.6 Carbono Orgânico Total (COT)

Para uma avaliação da presença de matéria orgânica nas águas pluviais provenientes do escoamento superficial, foram realizadas análises de carbono orgânico total (COT).

O carbono está presente na natureza em várias formas como por exemplo nas cinzas, fuligem, grafite e carvão. As formas do carbono inorgânico são provenientes das fontes de matrizes geológicas ou do solo. No entanto as formas de carbono orgânico são provenientes da decomposição das plantas e animais (SCHUMACHER, 2002).

Carbono orgânico total (COT) é constituído pela soma dos valores de concentração de carbono inorgânico (CI) e carbono total (CT) (HARRIS, 2007).

A análise de carbono orgânico (CO) mede os contaminantes orgânicos presentes na água em vários estados de oxidação, sendo que alguns deles podem ser ainda oxidados por processos biológicos ou químicos e a análise de carbono orgânico total (COT) é considerado o parâmetro mais conveniente para quantificar o CO presente nas águas, pois independe do estado de oxidação da matéria orgânica e não mede outros elementos ligados à cadeia dos compostos orgânicos tais como nitrogênio e hidrogênio, além de compostos inorgânicos que contribuem para a medida pela DBO, DQO e oxigênio consumido. Sua importância é que esse parâmetro mede a biodisponibilidade de orgânicos não iônico, e pode indicar contaminação das águas (BENEDETTI, 2012), além disso, serve como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais. Esse parâmetro é um indicador útil do nível de poluição do corpo hídrico (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2009).

4.5.7 Ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis*

A nomenclatura ecotoxicologia foi sugerida primeiramente por René Truhaut, em junho de 1969, na reunião do *Committee of the International Council of Scientific Unions* (ICSU), em Estocolmo (TRUHAUT, 1977). Com a junção da designação eco (do grego *oikos*, elemento de composição com o significado de casa, domicílio,

habitat: ecologia) e a palavra toxicologia (ciência dos agentes tóxicos, dos venenos e da intoxicação) (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Deste então, este conceito foi muito discutido e em 1976 a ecotoxicologia foi definida como: a ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado (PLAA, 1982; CAIRNS JR e NIEDERLEHNER, 1994).

Conforme Brentano (2006), os objetivos da ecotoxicologia são: avaliar a toxicidade de poluentes “*in situ*” e “*ex situ*”, compreender os mecanismos de ação de substâncias tóxicas e avaliar o risco que os agentes químicos apresentam para os ecossistemas.

A ecotoxicologia aquática analisa os efeitos de substâncias químicas sobre os organismos representativos do ecossistema aquático. Envolve o transporte, a distribuição, a transformação e o destino final dos contaminantes no ambiente aquático (COSTA, OLIVI, *et al.*, 2008).

Os organismos aquáticos podem ser expostos aos agentes químicos presentes na água e nos sedimentos. A bioacumulação, resultante do acúmulo dos poluentes nos tecidos dos organismos vivos, quando não metabolizados ou excretados, pode contribuir para o processo de biomagnificação, onde este acúmulo é transmitido para o nível superior da cadeia trófica (BAPTISTA, DORVILLÉ, *et al.*, 2001)

O esclarecimento da toxicidade desses agentes, a diferentes organismos aquáticos, permite averiguar o impacto temporário que esses poluentes causam a biota dos corpos hídricos, além da determinação dos limites permissíveis de várias substâncias químicas para proteção da vida aquática (ZAGATTO e BERTOLETTI, 2006).

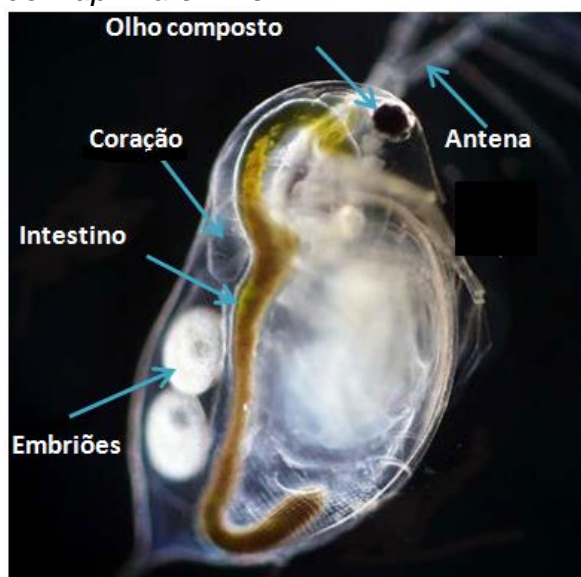
Na ecotoxicologia os objetivos principais são as avaliações da toxicidade de poluentes “*in situ*” e “*ex situ*”, compreensão dos mecanismos de ação de substâncias tóxicas e a avaliação dos riscos para os ecossistemas em relação os agentes químicos (MAZIERO, 2019).

O ensaio de toxicidade aguda pode ser esclarecido como aquele que avalia as respostas rápidas e severas dos organismos aquáticos a um estímulo que se manifesta geralmente por agentes químicos ou amostras ambientais num intervalo de 0 a 96 horas, o efeito observado na maioria dos casos, para peixes e a letalidade e para invertebrados a imobilidade, ou outras manifestações do organismo que as anteceda (MAZIERO, ROGERO e ALEMANY, 2016).

A utilização de invertebrados é importante no monitoramento ambiental, pois, essas espécies constituem 95% do total de espécies viventes no planeta e estão presentes, em geral, nos ecossistemas e encontram-se em abundância populacional (MAZIERO, 2019).

Os cladóceros pertencem à ordem Cladocera, do Filo Crustacea e são considerados microcrustáceo planctônico e são vulgarmente conhecidos como pulga d'água. Sua morfologia é constituída de pernas torácicas compostas por cerdas que agem como peneiras, retendo algas, bactérias e partículas ínfimas de matéria orgânica provenientes da água. E exercem a função de consumidores primários na cadeia alimentar aquática e se alimentam por filtração de material orgânico particulado em suspensão e microalgas (BUIKEMA, SHERBERGER, *et al.*, 1978).

Dentre os organismos cladóceros existem os de água doce do gênero *Daphnia*: *D. mafna*, *D. pulex* e *similis*. A *Daphnia similis* (ver Figura 4), possui um comprimento máximo de 3,5 mm e possuem ampla distribuição na América do Norte (ABNT NBR 12713, 2016; BURTON JR, DENTON, *et al.*, 2002).

Figura 4 - Exemplar de *Daphnia similis*

Fonte: (MAZIERO, 2019).

Os Daphnídeos se reproduzem por partenogênese (reprodução assexuada), originando populações constituídas completamente de fêmeas. Esse fenômeno garante a obtenção de indivíduos geneticamente idênticos, com uma sensibilidade constante para sua utilização como organismos-teste. Este organismo é encontrado abundantemente nos corpos d'água doce, sendo fonte significativamente de alimento para peixes e importantes em muitas cadeias alimentares. E também são organismos facilmente cultivados em laboratório, sensíveis e vários contaminantes do ambiente aquático e necessitam de menores volume de amostra-teste e água de diluição, devido ao seu tamanho reduzido (MAZIERO, 2019; DOMINGUES e BERTOLETTI, 2006).

A determinação qualitativa, utilizada para o presente estudo, se adequou melhor para os ensaios em amostras de água proveniente do escoamento superficial, pois essas amostras não são diluídas e a avaliação é realizada estatisticamente. Se entre os números de organismos imóveis em relação ao controle for estaticamente significativa deve ser expresso como tóxico, mas não houver diferença o resultado deve ser expresso como não tóxico (ABNT NBR 12713, 2016).

4.6 Legislação Ambiental

Para as águas de escoamento superficial, provenientes de águas pluviais, não há legislação com valores máximos permitido de poluentes que possam estar presentes, porém há intervenções para minimizar os efeitos do escoamento, como a mudança da Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos, no artigo 2º, nos objetivos da Política, foi inserido o inciso IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (Incluído pela Lei nº 13.501, de 2017) (BRASIL, 1997; BRASIL, 2017).

As águas pluviais são captadas por grade coletora de água pluvial e percorre diretamente para as bacias hidrográficas e podem contribuir para formação das águas subterrâneas (BRASIL, 2017), com essas informações é possível comparar os dados de concentração dos possíveis poluentes com as principais legislações vigentes, CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005), CONAMA 430/2011, que dispõe do lançamento de efluente na rede coletora (BRASIL, 2011) e a Resolução CONAMA nº 396, que tem como objetivo enquadrar às águas subterrâneas (BRASIL, 2008), em quatro tipos de utilização e será comparado com o limite de cada um, ver Tabela 3.

Tabela 3 – Valores Máximos Permitidos da Resolução CONAMA 357/2005, 430/2011 e 396/2008

Resolução CONAMA 357/2005			Resolução CONAMA 430/2011			Resolução CONAMA 396/2008					
Classe 2 - Águas Doce			Lançamento de Efluentes			Água Subterrânea					
Parâmetros	VMP	Unid.	Parâmetros	VMP	Unid.	Parâmetros	Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação	unid
Alumínio dissolvido	0,1	mg/L	Cádmio total	0,2	mg/L	Alumínio	200 (1)	5000	5000	200	µg/L
Antimônio	0,005	mg/L	Chumbo total	0,5	mg/L	Antimônio	5	-	-	-	µg/L
Boro total	0,5	mg/L	Cobre dissolvido	1	mg/L	Boro	500 (2)	5000	500 (4)	1000	µg/L
Cádmio total	0,001	mg/L	Cromo hexavalente	0,1	mg/L	Cádmio	5	50	10	5	µg/L
Chumbo total	0,01	mg/L	Ferro dissolvido	15	mg/L	Chumbo	10	100	5000	50	µg/L
Cobre dissolvido	0,009	mg/L	Níquel total	2	mg/L	Cobre	2000	500	200	1000	µg/L
Cromo total	0,05	mg/L	Zinco total	5	mg/L	Cromo (Cr III + Cr VI)	50	1000	100	50	µg/L
Ferro dissolvido	0,3	mg/L	pH	4 a 7	-	Ferro	300 (1)	-	5000	300	µg/L
Manganês total	0,1	mg/L	-	-	-	Manganês	100 (1)	50	200	100	µg/L
Níquel total	0,025	mg/L	-	-	-	Molibdênio	70	150	10	10	µg/L
Urânio total	0,02	mg/L	-	-	-	Níquel	20 (3)	1000	200	100	µg/L
Vanádio total	0,1	mg/L	-	-	-	Sódio	200000 (1)	-	-	300000	µg/L
Zinco total	0,18	mg/L	-	-	-	Sólidos Dissolvidos	1000000 (1)	-	-	-	µg/L
Oxigênio Dissolvido	< 5	mg/L	-	-	-	Urânio	15 (2,3)	200	10 (4)	-	µg/L
pH	6,0 a 9,0	-	-	-	-	Vanádio	50	100	100	-	µg/L
Sólidos dissolvidos totais	500	mg/L	-	-	-	Zinco	5000 (1)	24000	2000	5000	µg/L

Efeito organoléptico.

2. Máxima concentração de substância na água de irrigação em 100 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).

3. Máxima concentração de substância na água de irrigação em 20 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).

Fonte: Adaptada de (BRASIL, 2011; BRASIL, 2005; BRASIL, 2008)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma microrregião urbana com área verde. A área de estudo está localizada na Zona Oeste da Cidade de São Paulo, dentro dos estacionamentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), ao redor do Centro de Química e Meio Ambiente (CEQMA). O *campus* IPEN está localizado dentro das dependências da Universidade de São Paulo (USP), ver Figura 5.

O IPEN gerencia e mantém preservada aproximadamente 70% de seu *campus* como área verde. A Tabela 4 demonstra a distribuição das áreas e cobertura vegetal no *campus* do IPEN.

Tabela 4 - Distribuição das áreas no IPEN por tipo de cobertura

DESCRIÇÃO	Área (m²)	Cobertura (%)
Ruas	38.800	7,12
Estacionamento	19.100	3,50
Calçadas e passeios	6.700	1,23
Áreas verdes	380.000	69,77
Áreas edificadas	100.000	18,36
Outras não especificadas	109	0,02
Área total	544.680	100,00

Fonte: (PIRES, COTRIM e SOUSA, 2017).

O IPEN possui programas de monitoramentos dos impactos ambientais, os maiores programas são os Controle Radiológicos (Programa de Monitoramento Radiológico Ambiental (PMRA) e os Controle Não Radiológicos (Programa de Monitoramento Ambiental – Químicos estáveis (PMA-Q)), ver Tabela 5.

Tabela 5 - Controle operacional quanto aos aspectos ambientais do IPEN

CONTROLE RADIOLÓGICO	CONTROLE NÃO RADIOLÓGICO
Vigilância ambiental	Emissões atmosféricas
Controle da radiação	Efluentes líquidos
Controle de contaminação	Resíduos convencionais / orgânicos
Efluentes líquidos radioativos	Resíduos perigosos
Efluentes gasosos radioativos	Resíduos sanitários
Avaliação dosis na população	Resíduos de serviço de saúde
Gerenciamento de resíduos de baixa atividade	Resíduos inertes (reciclagem)
Programa de Monitoramento Radiológico Ambiental (vigilância)	Programa de Monitoramento Químico Ambiental (vigilância)

Fonte: Adaptado de (PIRES, COTRIM e SOUSA, 2016)

Esses programas têm em vista as entradas e saídas de todas as atividades dos centros que o constitui o campus, por meio de análises de efluentes líquidos lançados em rede coletora de esgoto, análises de ar e análises de águas subterrâneas, que abrange toda a área do campus (SANTOS, 2017).

O IPEN, também, está comprometido com o combate às mudanças climáticas. Utilizado uma gestão eficiente de seus impactos diretos e indiretos e adota um modelo que prioriza a redução de consumo minimizando as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), gerados por processos produtivos que são captados através de sistemas de exaustão em lavadores e gases e/ou sistema com filtros específicos (PIRES, COTRIM e SOUSA, 2016).

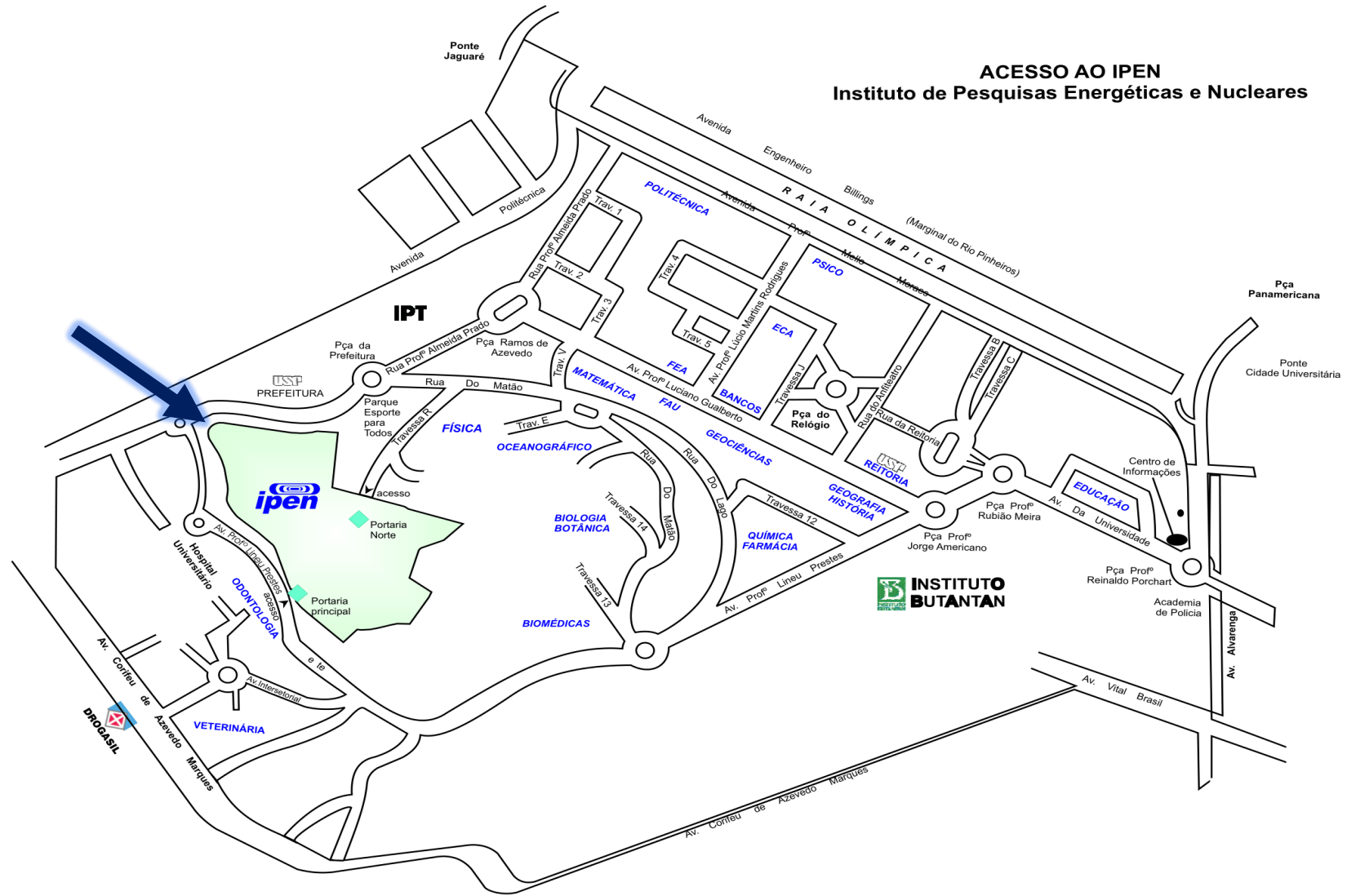
Para uma contribuição no sistema de monitoramento ambiental, o IPEN (Figura 6) foi escolhido para a realização desse estudo sobre águas de escoamento superficial urbano, provenientes de águas pluviais. Foi considerado a segurança na disposição dos amostradores integrados na rede coletora de água pluvial, pois o instituto possui entrada controlada e monitorada, não sendo possível algum furto do amostrador durante todo o estudo. Além disso, levou-se em consideração, principalmente, o histórico da área, as atividades que o instituto realiza, a rede de drenagem e a proximidade das marginais do Rio Pinheiros, com alto fluxo de veículos e pedestre.

O estudo utilizou uma área de aproximadamente 3.757,50 m² da área total do instituto (544.680,00 m²) e localizado a 6,7 km das ruas circundantes – Marginal do Rio Pinheiros e Avenida Politécnica, e é separado dos corredores de tráfego

pesado por uma extensa área verde separada com muro de concreto e de vidro. Essa área urbana tem uma densa vegetação e por isso tem uma grande quantidade de matéria orgânica.

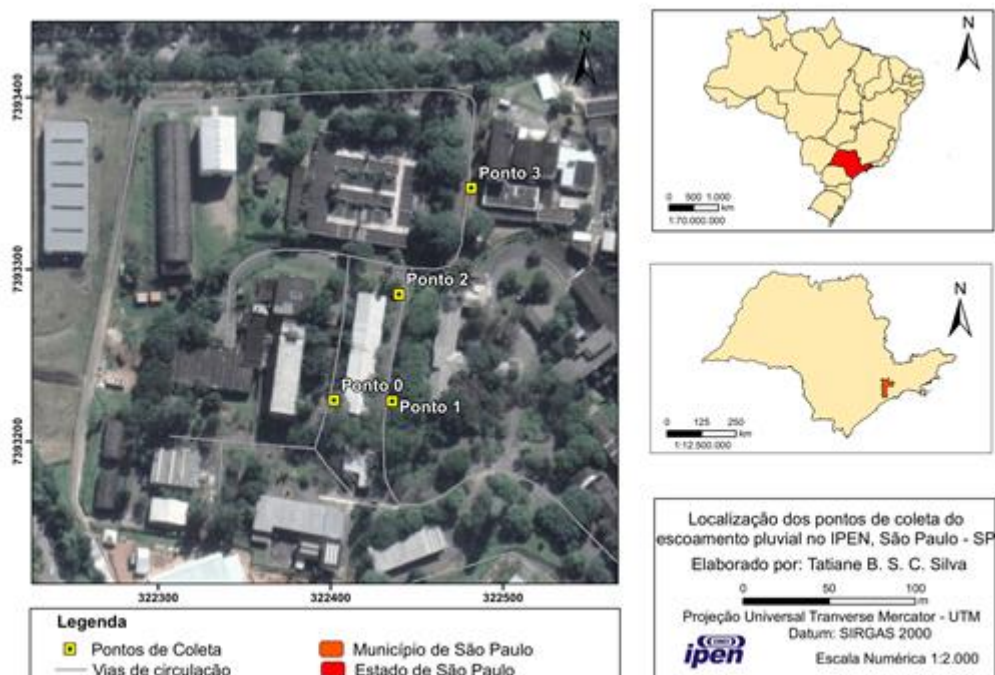
Os ensaios piloto começaram em janeiro de 2017 e foi escolhido os locais que possuem uma grade coletora de rede pluvial, para a colocação dos amostradores integrados, para a coleta das amostras de águas de escoamento superficial. Duas estações de coleta denominadas de ponto 0 e ponto 1, foi escolhida, devido a localização e as características do local (descrita na Tabela 6). E no desenvolvimento do estudo foram definidas mais duas estações para a coleta, o ponto 2, e o ponto 3.

Figura 5 - Mapa da localização do IPEN



Fonte: (PIRES, COTRIM e SOUSA, 2017)

Figura 6 – Localização dos Pontos de coleta das amostras de água proveniente do escoamento pluvial urbano, no IPEN.



Fonte: Autor da tese.

Os pontos de coleta, identificados e georreferenciados, estão descritos na Tabela 6. Nas

Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10 estão apresentadas as evidências fotográficas dos pontos de coleta.

Tabela 6 - Caracterização e localização dos pontos de coleta

Identificação do ponto de coleta	Localização (GPS)	Observações
Ponto 0	-23°56'15.93"S -46°74'02.00"W	Estação amostral localizada em frente ao estacionamento inferior do Prédio 30 do Campus, - Centro de Química e Meio Ambiente/IPEN. - Rua Asfaltada. E em frente do prédio, desativado, da Unidade CELESTE, onde ocorria o reprocessamento do ciclo do combustível (DURAZZO, 2020).
Ponto 1	-23°56'16.98"S -46°73'97.50"W	Estação amostral localizada em frente ao estacionamento superior do Prédio 30 – do campus; Centro de Química e Meio Ambiente/IPEN. - Rua Asfaltada
Ponto 2	-23°56'13.65"S - 46°73'96.80"W	Estação amostral localizada na via superior , mais a frente que o ponto 1, localizado ao final do estacionamento superior do Bloco I do Centro de Química e Meio Ambiente. OBS: Este ponto substituiu o ponto 1 a partir de agosto de 2017
Ponto 3	-23°56'05.48"S -46°73'94.25"W	Estação amostral localizada em frente ao estacionamento do Centro de Laser e Aplicações, Prédio 93 e aproximadamente, a 150 m da Avenida Prof. Almeida Prado (localizado próximo a Prefeitura do Campus da USP).

Fonte: Autor da tese.

Figura 7 - Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 0 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)



(a)



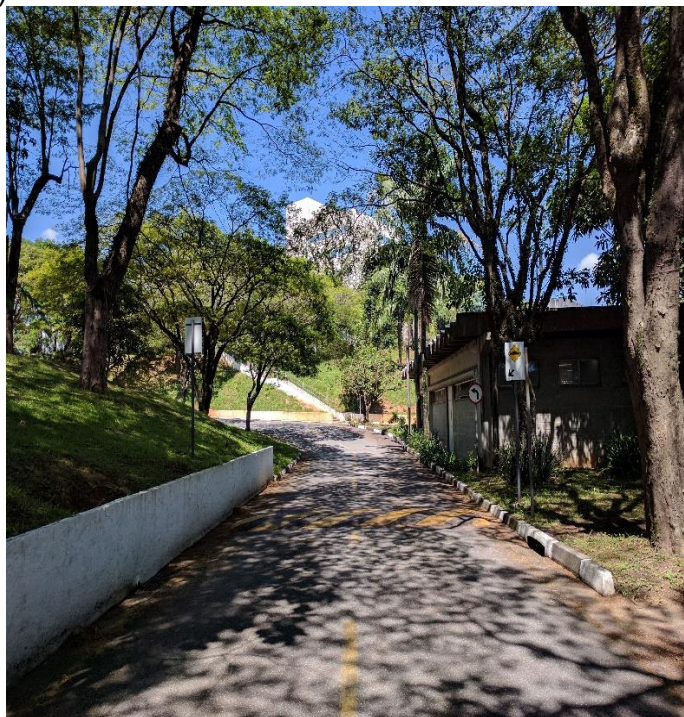
(b)

Fonte: Autor da tese

Figura 8 – Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 1 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)



(a)



(b)

Fonte: Autor da tese

Figura 9 - Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 2 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)



(a)



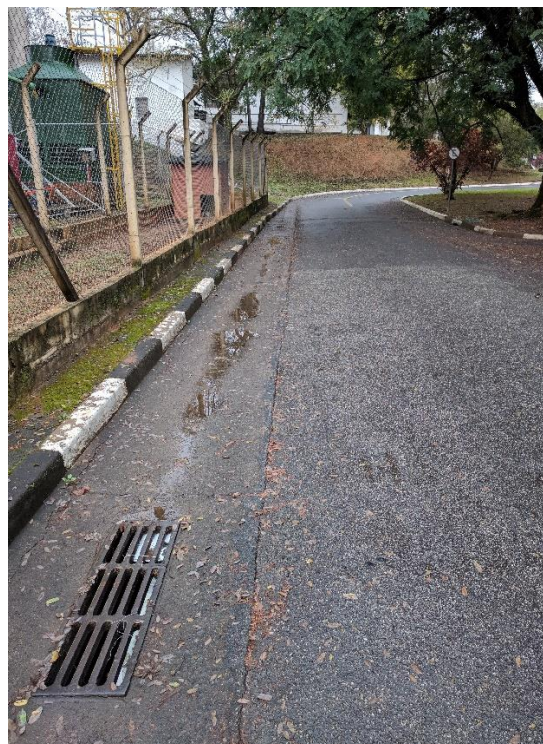
(b)

Fonte: Autor da tese

Figura 10 - Representação fotográfica dos pontos de coleta: ponto 3 (a – versão aproximada e b – versão ampliada)



(a)



(b)

Fonte: Autor da Tese.

5.2 Coleta das amostras

Para a coleta das amostras de água pluvial proveniente do escoamento superficial, foram construídos três amostradores integrados com tubos de PVC e adaptado segunda a referência (RIGHETTO, 2009), apresentado na Figura 12. Dois coletores têm capacidade de armazenamento de 1000 mL e outro com a capacidade de 850 mL. Esse sistema tem a capacidade de coletar um único evento temporal de água pluvial proveniente do escoamento, de uma forma sequencial.

O protocolo utilizado como guia de coleta das amostras foi o U.S. EPA 832-B-09-003 (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2009). Esse protocolo auxilio na pesquisa dos pontos selecionados para essa pesquisa, além da escolha de alguns parâmetros de análise inseridos para melhor caracterizar a região de estudo.

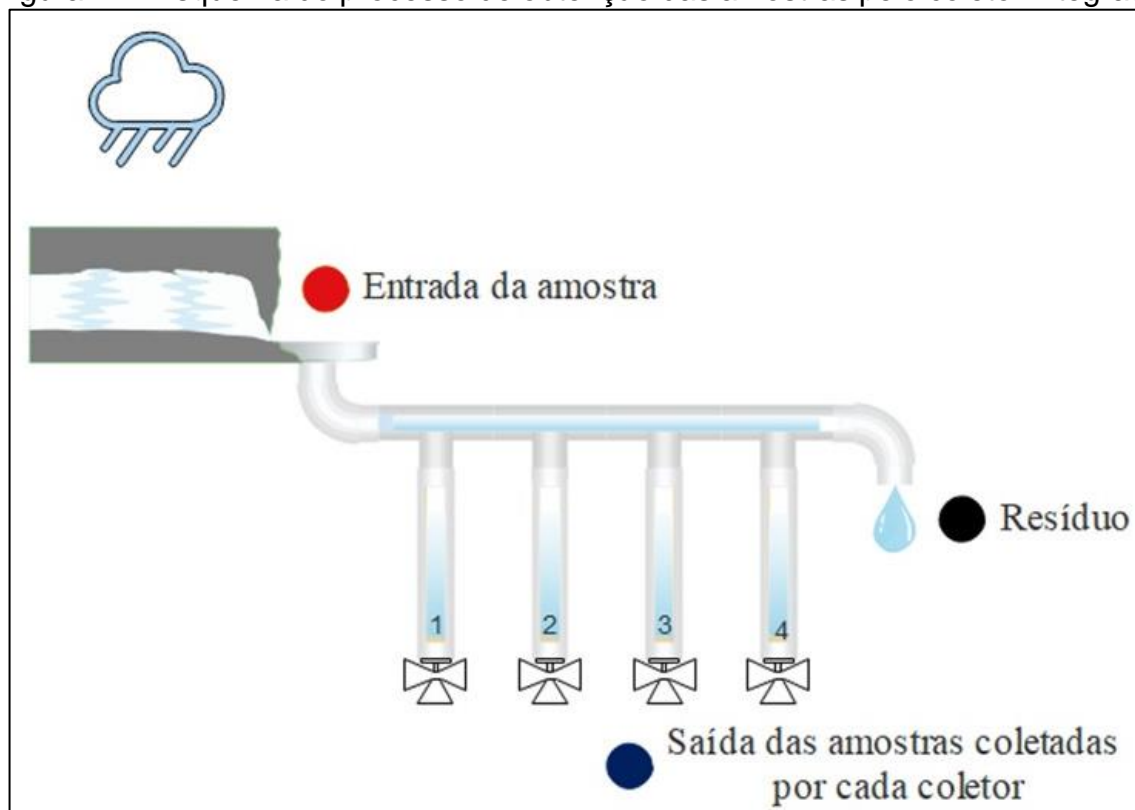
O amostrador foi descontaminado com ácido nítrico 10% e depois lavado com água ultrapura por 10 vezes para retirar todo os resquícios do ácido e os possíveis contaminantes. Os valores de concentração dos principais elementos estudos nesse estudo foram abaixo do limite de quantificação do método (LQM). Os valores podem ser observados no ANEXO A, p.156.

Figura 11 - Foto representativa do coletor, construído em PVC nos Laboratórios do IPEN.



Fonte: Autor da tese.

Figura 12 - Esquema do processo de obtenção das amostras pelo coletor integrado



Fonte: Autor da tese

5.3 Amostragem

Para este estudo foram realizadas 12 (doze) coletas em 04 (quatro) pontos distintos, segmentadas em dois períodos de sazonalidade, chuvoso e seco, entre os anos de 2017 e 2018. As coletas preliminares foram realizadas em 2017, com duas coletas em janeiro de 2017 e 3 (três) coletas em agosto de 2017. Em 2018 foram realizadas coletas entre janeiro e setembro.

Devido a variação da precipitação e o do local de coleta, em alguns pontos, como o ponto 2, não foi possível coletar as amostras de escoamento em toda a campanha selecionada, mas vale ressaltar que todos os amostradores foram inseridos na rede de captação de água pluvial. O ponto 1 foi retirado após a coleta de 17 de janeiro de 2017, pois a parede de contenção cedeu e não foi possível a inserção do amostrador na rede de captação. Na Tabela 7 estão apresentados os locais de amostragem (ponto 0 a 3), com as respectivas datas das coletas, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 7 - Identificação do período amostral e local de amostragem dos eventos quanto ao escoamento superficial.

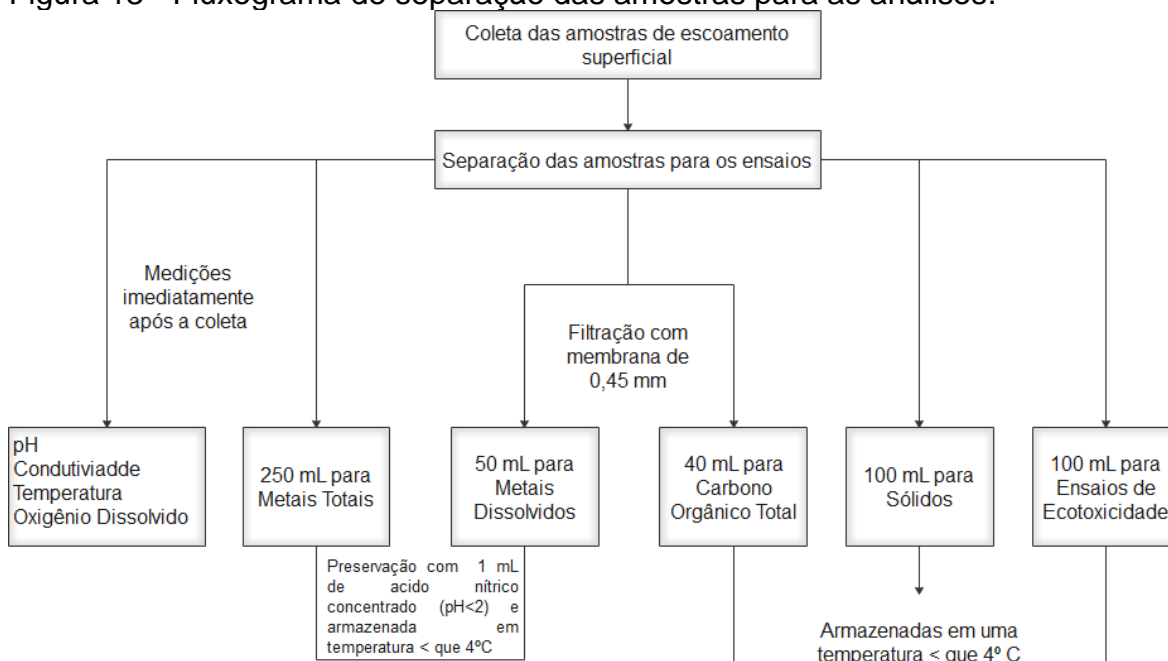
Período de Coleta			Pontos da amostragem*				
Ano	Mês	Dia	Ponto 0	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	
2017	Período Chuvoso	Janeiro	17		X		
			31	X			
	Período Seco	Agosto	17				
			19			X	X
2018	Período Chuvoso	Janeiro	14			X	
			16	X			
		Fevereiro	20	X		X	X
		Março	14	X		X	X
	Período Seco	Abril	15	X			X
		Junho	13	X			X
		Julho	30	X		X	X
	Período Chuvoso	Setembro	27	X			X

(*) Local da coleta: RMSP- campus da cidade universitária, estacionamentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Fonte: Autor da tese.

Após a coleta das amostras, foi realizada a separação das amostras para as análises seguindo o fluxograma na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma de separação das amostras para as análises.



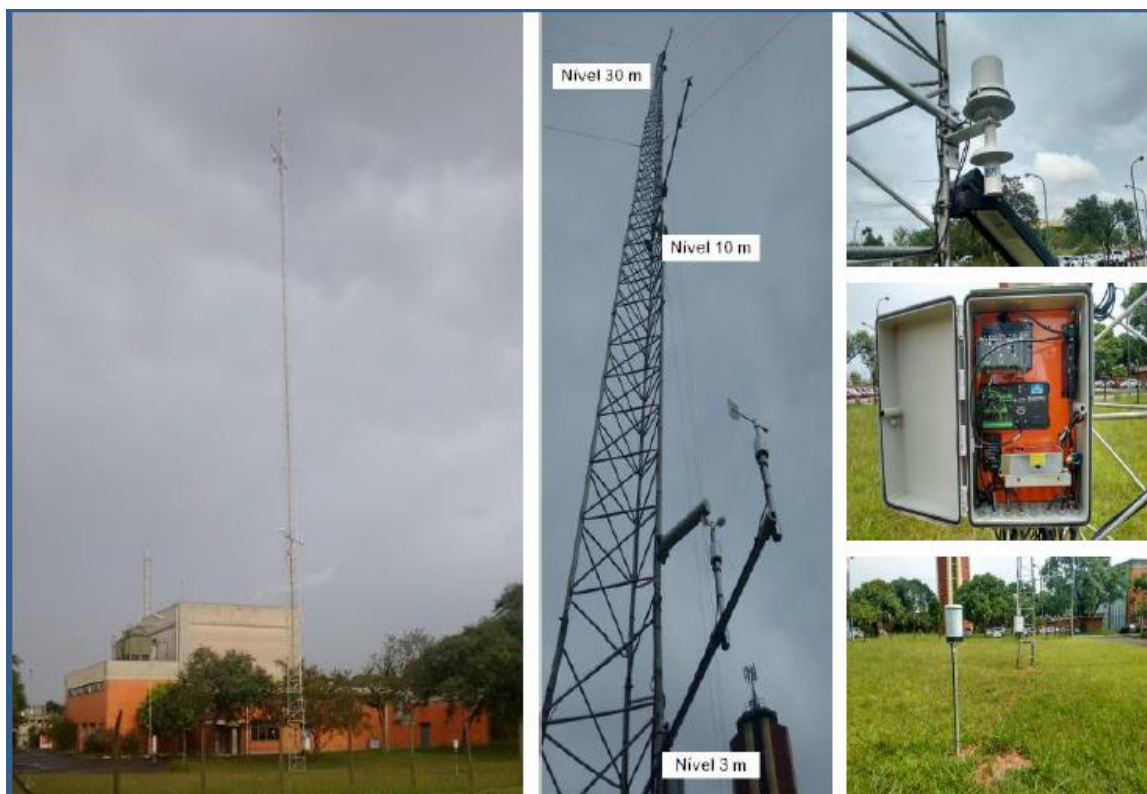
Fonte: Autor da tese.

5.4 Dados Meteorológicos

Próximo ao local de coleta existe instalada uma Torre Meteorológica - IPEN, que realiza medidas meteorológicas consistentes e efetiva, iniciadas a partir de 10 de fevereiro de 2017. A torre meteorológica do IPEN (Latitude 23°33'56" S, Longitude 46°44'18" W e Altitude 778 m) possui 30 m de altura e está instrumentada em três níveis (3 m, 10 m e 30 m) (DE MOLNARY, 2018). A torre está instalada no sítio do reator IPEN/MB01, dentro do campus do IPEN. A determinação da precipitação diária é medida em intervalos de 15 minutos. Os dados de precipitação foram fornecidos por meio de um relatório interno elaborado pelo setor responsável (IPEN-CNEN-PSE-CQMA-001-00-IFT – 001-00).

Os dados meteorológicos foram computados em um período de 24h. A estação meteorológica no IPEN foi implementada a partir do dia 10 de fevereiro de 2017, não estando disponíveis os dados de janeiro. Desse modo foram utilizados os dados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), quanto ao volume acumulado, em mm, nos dias da coleta. Os dados foram computados em um período de 24h, na estação IPEN e no INMET.

Figura 14 - Torre meteorológica localizada dentro do IPEN



Fonte: (DE MOLNARY, 2018)

5.5 Trajetória atmosférica - HYSPLIT

Para verificar a trajetória original e a influência da pressão atmosférica sobre as amostras coletadas, foi utilizado o banco de dados do NOAA'S *HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system* (HYSPLIT, 2019). Com os dados de latitude e longitude dos pontos de coleta juntamente com as datas das coletas foi possível obter a trajetória reversa das partículas depositadas nos pontos de coleta e os valores de pressão atmosférica no período de estudo. Para o efeito deste estudo, as trajetórias foram obtidas 24 horas antes do evento de precipitação. O estudo permitiu gerar o mapa com as trajetórias e a direção das partículas depositada em cada evento com suas respectivas estações do ano.

5.6 Análise Físico-química

As amostras líquidas do escoamento superficial urbano, recolhidas das superfícies de asfalto, foram submetidos a caracterização físico-química (pH, temperatura e oxigênio dissolvido) e a análise de sólidos totais, totais voláteis e

fixos. Todos os procedimentos foram realizados seguindo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW)* (APH AWWA WPCF, 2017).

As análises físico-químicas, como potencial hidrogeniônico (pH), condutividade e oxigênio dissolvido (OD), foram realizadas no laboratório após a retirada das amostras do coletor composto, com equipamentos devidamente calibrados. Foram medidos o pH e temperatura por um pHmetro modelo PG 2000 da marca Gehaka®; a condutividade, através do condutivímetro modelo 150 da marca Orion®; o oxigênio dissolvido (OD), pelo oxímetro modelo 5100 da marca YSI®.

Os sólidos totais, totais voláteis e fixos foram realizados a partir da metodologia do *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, método 2540 B (APH AWWA WPCF, 2017). As frações utilizadas podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 - Frações de sólidos utilizadas nos ensaios.



Fonte: Autor da tese

5.7 Determinação de Carbono orgânico total

A análise foi realizada utilizando um analisador de carbono orgânico total, da marca Shimadzu, modelo TOC-V CPH (

Figura 16). Para a determinação do carbono total, a amostra filtrada (com membrana de filtração de 45µm), foi injetada através de um tubo de combustão a 680 °C contendo platina suportada em alumina e todo o carbono sofre oxidação

catalítica a CO₂. Na determinação de carbono inorgânico (CI) a amostra injetada reage com o ácido fosfórico 25% e todo carbono inorgânico é convertido a CO₂ (ABNT NBR 10741, 1989).

Figura 16 – Analisador de Carbono Orgânico Total – Shimadzu



Fonte: Autor da tese.

5.8 Determinação de Metais e Elementos-traço

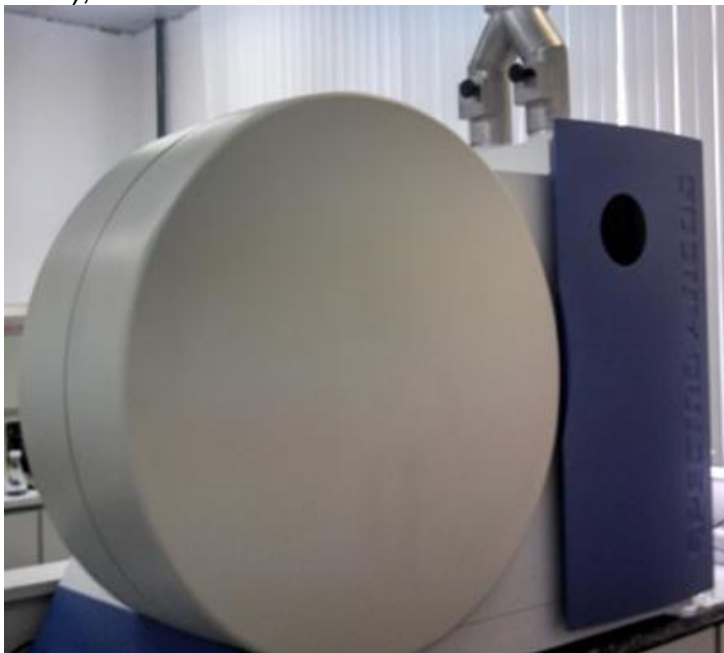
Para as análises de metais todas as amostras foram acidificadas com ácidos nítrico concentrado (pH < 2). Para os metais totais as amostras foram submetidas a digestão ácida, utilizado o método da *Environmental Protection Agency* (EPA) 3015A (2007) e para os metais dissolvidos as amostras foram filtradas com membrana de filtração de 45 µm. Todas as amostras foram armazenadas em uma temperatura menor que 4°C, segundo o SMWW (2017).

Em seguida as amostras foram analisadas utilizando a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES), com uma metodologia validada segundo Faustino (2016) e Cotrim (2006) e por Espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).

Os equipamentos utilizados foram: o ICP OES ARCOS® da Spectro®, Figura 17, com tocha axial, nebulizador Meinhard®, acoplado a câmara de nebulização ciclônica e sistema de detecção baseada em dispositivos de carga acoplada (*charge-coupled device* - CCD), instalado no laboratório do Centro de Química e Meio Ambiente (CEQMA) do IPEN; ICP-MS 7700 series da Agilent® Figura 18, com tocha axial, nebulizador Meinhard®, instalado no laboratório de inorgânicos da

Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro); Forno Micro-ondas, MDS-2000 CEM®; Balões volumétricos; Pipeta volumétrica (Modelo - Wheaton, Socorex®); Pipeta de vidro; balança analítica (Gehaka®, BG400); bomba a vácuo; conjunto de filtração com membrana de 0,45 µm.

Figura 17 - Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma de Argônio (ICP OES) (SPECTRO ARCOS), IPEN.



Fonte: Autor da Tese

Figura 18 - Espectrômetro de Massa com Plasma de Argônio (ICP-MS (AGILENT), Fundacentro.



Fonte: Autor da Tese

Para os elementos que apresentaram maiores concentrações (acima de 0,01 mg. L⁻¹) foram analisados no espectrofotômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES). Para os elementos que apresentaram menores concentrações (abaixo de 0,01 mg. L⁻¹) foram analisadas pelo espectrofotômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).

As amostras foram analisadas no ICP OES na faixa das partes por milhão (ppm) e no ICP-MS na faixa das partes por bilhão (ppb). Cada elemento, analisado pelas técnicas, com seus respectivos Limite de Quantificação do Método (LQM) pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Elementos analisados por cada tipo de técnica e seus respectivos LQM

Elementos Analisados													
ICP OES	Fe	Al	Ca	Mn	Zn	Sr	Mg	K	B	Na	Ti	Mo	Si
LQM µg L⁻¹	100	10	500	10	10	10	100	500	10	500	100	10	10
ICP-MS	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr	Sb	La	U	Ce	In	Th		
LQM µg L⁻¹	0,05												

Fonte: Autor da Tese.

Para o controle de qualidade, de ambos os métodos, foi utilizado o material de referência NIST 1643f (Certificado esta apresentado no ANEXO B, p.157), conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Elementos analisados para o controle de qualidade do ICPOES e ICP-MS, segundo o material de referencia NIST 1643f.

Elementos Analisados												
ICP OES	V	Cu	Al	Mn	Zn	Sr	Mg	K	Cr	B	Ni	Cd
ICP-MS	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr	Sb						

Fonte: Autor da Tese.

5.9 Ensaio de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis*

Os ensaios de ecotoxicidade aguda foram realizados baseados na norma ABNT NBR 12713 (2016). Os organismos de *Daphnia similis* foram cultivados e mantidos no Laboratório de Ecotoxicologia do Centro de Química e Meio Ambiente (CEQMA), do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), de acordo com a mesma norma.

O cultivo dos organismos foi realizado em béqueres de 500 mL, em incubadora com temperatura controlada ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$), com fotoperíodo de 16 horas-luz e luminosidade difusa. O Meio MS, foi utilizado como água para cultivo para os testes, com dureza ajustada entre 40 e 48 mg L^{-1} de CaCO_3 e pH na faixa de 7,0 – 7,6. A alga utilizada para a alimentação dos organismos foi a *Pseudokirchneriella subcapitata*, uma clorofícea, unicelular, administrada diariamente na concentração de 1 a 5×10^6 células por organismos. E para a alimentação complementar foi utilizado uma solução base de ração para peixe da marca *Tetramin*, fornecida 3 vezes por semana, com uma concentração de 0,02 mL de alimento por organismo.

Na Tabela 10 estão descritas as condições gerais dos ensaios de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis*.

Tabela 10 – Resumo dos requisitos para o ensaio de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis*.

Requisitos	Condições
Ensaio	Estático
Duração	48 horas
Idade do organismo	6 a 24 horas
Volume mínimo de solução-teste por organismo	2 mL
Número mínimo de diluições	5 concentrações + controle
Número mínimo de organismos por diluição	20
Número mínimo de replicatas por diluição	4
Alimentação	Nenhuma
Temperatura	18°C a 22°C
Fotoperíodo	Escuro ou 12h a 16h de luz
Efeito observado	Imobilidade
Expressão dos resultados	Tóxico ou Não Tóxico

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 12713, 2016).

Neste ensaio, os organismos, na fase neonatal (de 6 a 24 horas), foram expostas as amostras, coletadas no amostrador integrado, por um período de 48 horas. A exposição ocorreu em todas as amostras, em 4 replicatas, contendo 10 mL de solução, com 5 organismos por réplica, totalizando 20 organismos por amostra/ controle. A disposição dos tubos e das amostras estão apresentados na

Figura 19 - Preparo das amostras e dos organismos de *Daphnia similis*



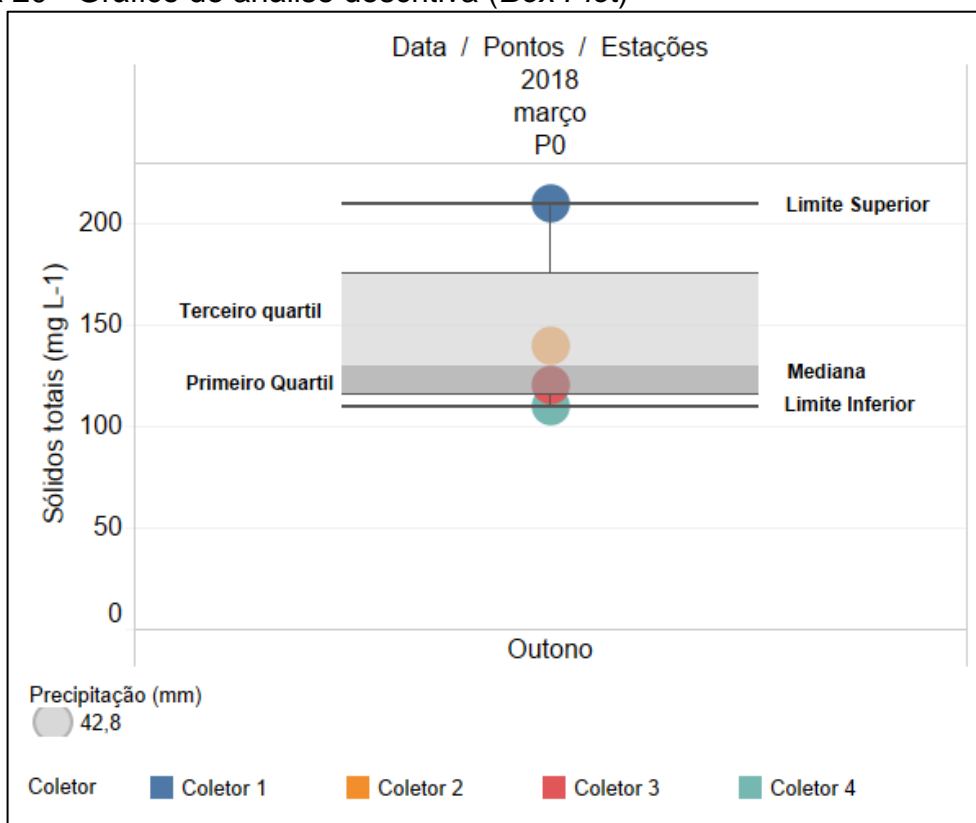
Fonte: Autor da tese

Os parâmetros como condutividade, concentração de oxigênio dissolvido (OD) e pH foram verificados previamente e ao término dos ensaios.

5.10 Tratamento matemático e estatístico dos dados

A estatística descritiva (*Box Plot*) foi empregada considerando um retângulo em que estão representadas a mediana e os quartis. Na parte superior do retângulo segue a linha até o ponto mais remoto que não exceda $LS = q_3 + (1,5)d_q$, chamado limite superior. Similarmente ocorre na parte inferior do retângulo, para baixo, segue uma linha até o ponto mais remoto que não seja menor do que $LI = q_1 - (1,5)d_q$, chamado limite inferior (MORETTIN e BUSSAB, 2013).

Com os dados de mediana, limite superior e inferior, primeiro e terceiro quartil, além dos coletores representados por cores distintas, precipitação através do tamanho das circunferências dos coletores, ano de coleta e as estações do ano, conforme apresentado na Figura 20, foram realizadas as avaliações da distribuição de resultados quanto a sua normalidade e a quanto a presença de outliers (REIS e REIS, 2002).

Figura 20 - Gráfico de análise descritiva (*Box Plot*)

Fonte: Autor da tese

Os ensaios de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis* foram determinados de forma qualitativa e foi realizado o teste de significância através do teste – p-valor, com um intervalo de confiança de 95%, conforme descrito na norma ABNT NBR 12713 (2016).

A análise estatística multivariada foi aplicada para a redução da matriz de informação, utilizando o software Statistica® 13.5 (Statsoft, Alemanha). Com a análise de componentes principais (ACP), a redução das variáveis empregou variáveis: categóricas tais como os pontos de coleta, número da câmara de coleta, estação do ano; e variáveis numéricas tais como dados de concentração de metais, volume de precipitação, concentração de carbono orgânico total, ensaios de ecotoxicidade e dados físico-químicos. Quando ocorrer um agrupamento das variáveis indicará maior similaridade no comportamento das variáveis ou maior covariância entre os parâmetros estudados (HONGYU, SANDANIELO e JUNIOR, 2015).

Para uma correção dos valores obtidos nas análises de concentração dos parâmetros analisados, com os volumes coletados nos amostradores integrados foi

aplicado o cálculo do *Event Mean Concentration* (EMC), traduzindo de forma livre, concentração média do evento, é o modo de se calcular a carga de poluentes nas amostras coletadas e verificar a média de concentração de poluentes de todo o evento de escoamento (KACZALAA, MARQUESA, *et al.*, 2012; GULLIVER, ERICKSON e WEISS, 2010). O cálculo do EMC é realizado segundo a equação Equação 1.

$$EMC_i = \frac{\sum_{t=1}^{t=T} Q_t C_t}{\sum Q_t} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

EMC_i = concentração media do evento (mg L⁻¹),

Q_t = é a descarga do fluxo de escoamento no tempo t (L min⁻¹),

C_t = concentração do correspondente poluente no tempo t (mg L⁻¹).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos foi possível analisar a condição da região estudada. Nas próximas seções estarão apresentados os resultados e as devidas discussões dos dados coletados referentes as condições metrológicas coletadas no período do estudo, das análises físico-químicas, tais como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e série de sólidos (sólidos totais, fixos e voláteis), carbono orgânico total, ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis*, metais e elementos-traço, e análise de componentes principais.

6.1 Condições Meteorológicas

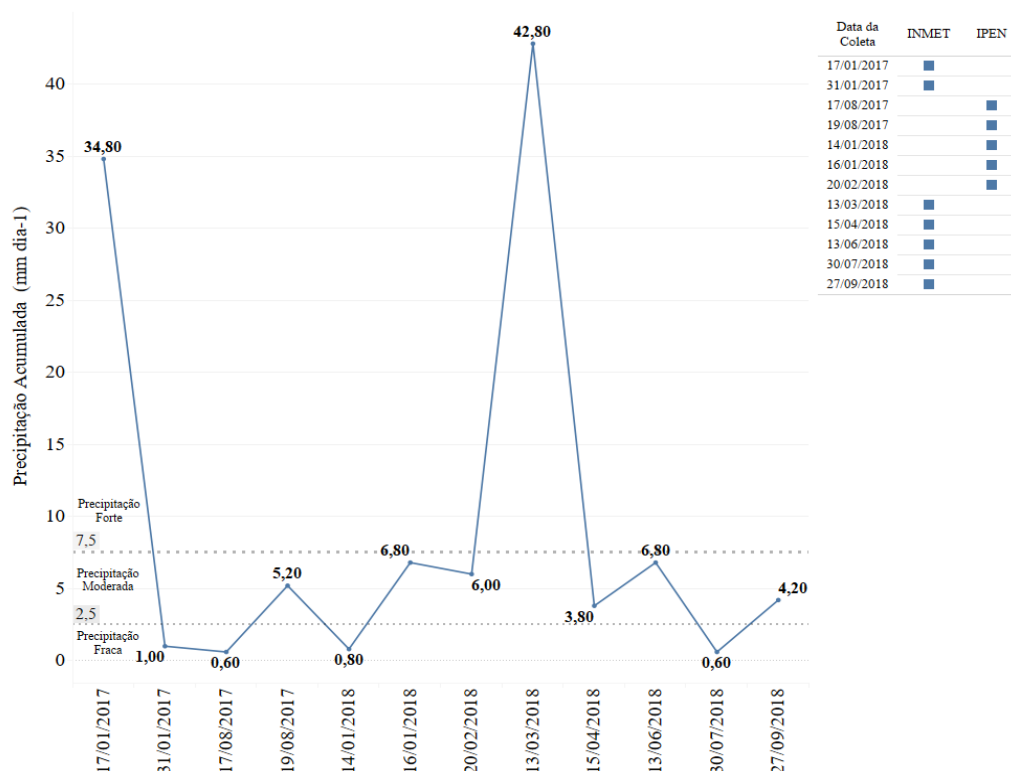
Os dados referentes a precipitação pluviométrica acumulada nas datas nas dos eventos nos quais foram realizadas as coletas são representados graficamente na Figura 21.

As precipitações ocorridas nos dias de coleta de amostras apresentaram em média um volume de chuva classificado de fraco a moderado, somente no mês de março/2018 o volume foi acima de 7,5 mm dia⁻¹, considerado uma classificação de chuva forte, corroborando com a literatura descrita no item 4.1.

Em 2017, a precipitação acumulada nos dias coletados, neste estudo, foi de 41,6 mm, representando, aproximadamente, 3% da precipitação total acumulada anual. Em 2018, foram coletados 71,8 mm, representando, aproximadamente, 6%.

Para observar as origens das contribuições atmosféricas foi utilizado a plataforma HYSPLIT (HYSPLIT, 2019). Foi possível identificar a trajetória reversa das partículas depositadas em cada evento de coleta. As trajetórias obtidas são mostradas na Figura 22. A informação da direção preferencial de origem (Norte-Noroeste, Sul-Sudeste e Leste-Nordeste) para cada evento de chuva/escoamento foi associada aos demais dados de coleta.

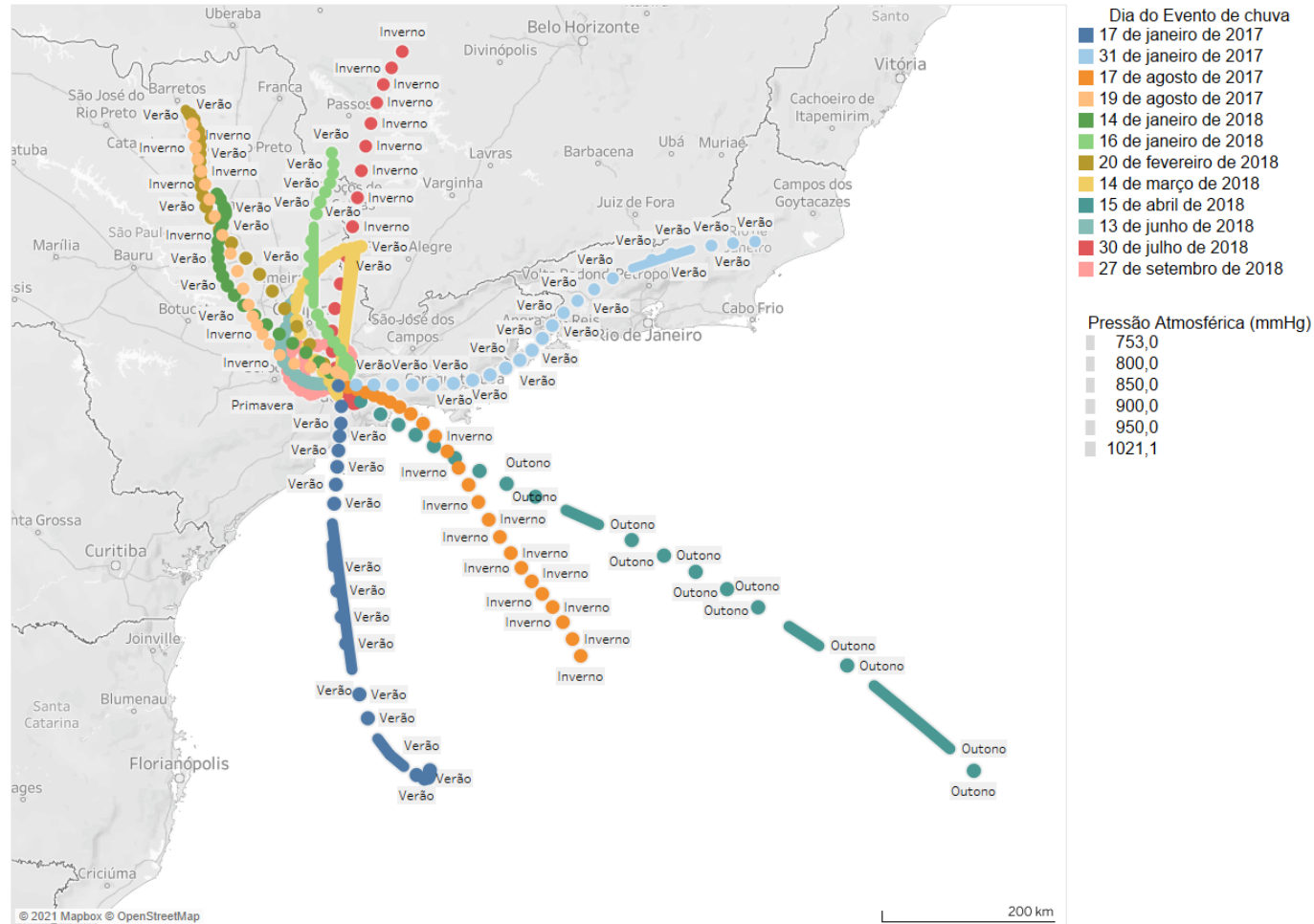
Figura 21 - Representação gráfica dos valores pluviométricos coletados no período de janeiro/2017 a setembro/2018



Fonte: Adaptado de (DE MOLNARY, 2018; INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), 2019).

Observou-se que para o único evento coletado na primavera a trajetória Noroeste foi preferencial. Para os eventos coletados no verão houve uma alternância pelas direções Sul-Sudeste, Leste-Nordeste e Noroeste. Enquanto que para os eventos coletados no outono e inverno as trajetórias preferenciais apresentaram uma origem combinada Sul-Sudeste e Norte-Noroeste. Mostrando a influência do oceano atlântico nos dias de coleta.

Figura 22 – Mapa da trajetória atmosférica para as amostras coletadas no período de janeiro/2017 a setembro/2018



Fonte: Autor da Tese e dados da NOAA's HYSPLIT *Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System* (HYSPLIT, 2019).

6.2 Avaliação dos parâmetros físico-química

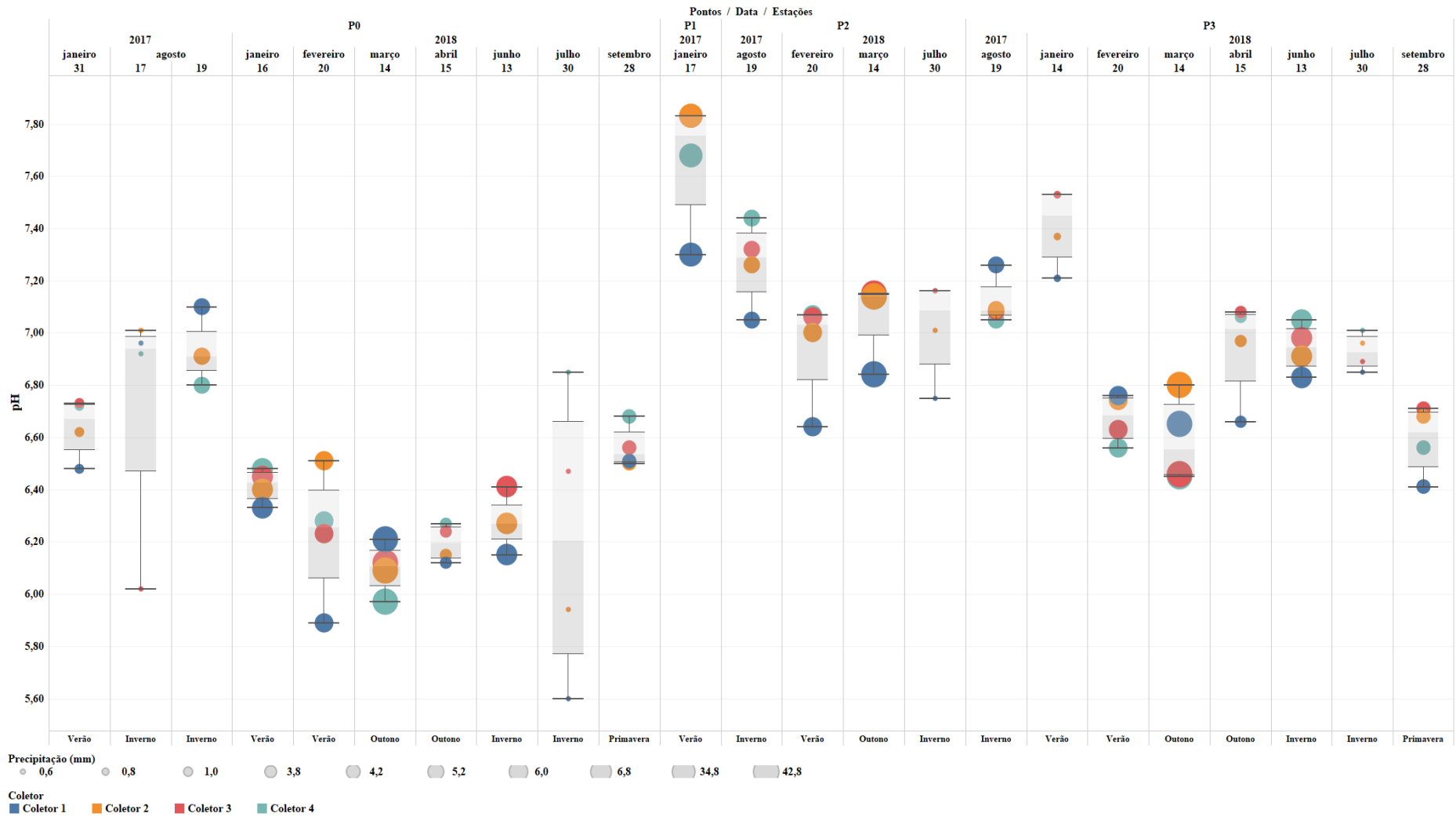
6.2.1 Avaliação das medidas de pH

Na Figura 23 estão apresentados os resultados das medidas de pH por coletor, em função da precipitação e da estação do ano, no período de 2017 a 2018. Os dados brutos podem ser observados no ANEXO C, p.160.

Os valores das medidas de pH, entre os coletores individuais, variaram entre 5,6 a 7,8 (Figura 23). Os resultados dos valores do pH tiveram um comportamento de levemente ácido a neutro, mas próximo a neutralidade mantendo-se dentro dos critérios de proteção a vida aquática demonstrado no item 4.5.

Pode-se observar, em geral, que não ocorreu grandes variações das medidas de pH entre os coletores e as coletas, apresentando valores dentro do intervalo dos valores máximos permitidos da Resolução CONAMA 357/2005 (pH: 6,0 a 9,0) e da Resolução CONAMA 430/2011 (pH: 4 a 7). No entanto, nas coletas dos dias 17 de agosto 2017 e do dia 30 de julho de 2018, no Ponto P0 os valores de pH apresentaram uma variação maior entre os coletores. Essa variação deve-se a estiagem que ocorreu antes da coleta dessas amostras nesse ponto, provocando acúmulo e retenção de substâncias resultantes da degradação da matéria orgânica presente nas águas.

Figura 23 – Representatividade dos resultados da determinação do pH das amostras de água por data de coleta e respectivos coletores, do amostrador integrado, identificados por evento de precipitação e pontos de coleta

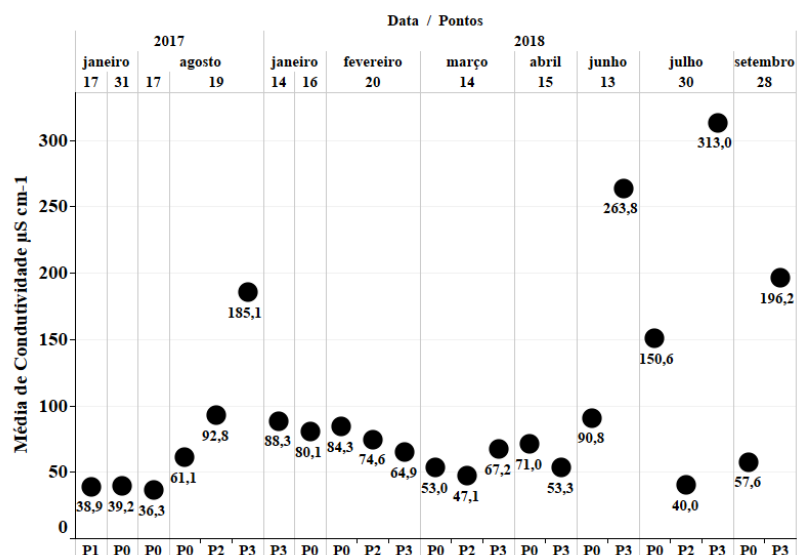


Fonte: Autor da tese

6.2.2 Avaliação das medidas de condutividade

Na Figura 24 é possível observar os resultados referentes a média da condutividade determinada nas amostras de água (coletadas por data e pontos de coleta). Na Figura 25 é demonstrado os resultados da condutividade em cada coletor em função do evento de precipitação, estação do ano e data de coleta, no período de 2017 a 2018. Os dados brutos podem ser observados no ANEXO C, p.160.

Figura 24 - Representação gráfica dos resultados da média das medidas de condutividade (μScm^{-1}) nas amostras de água dos coletores, por data e pontos de coleta



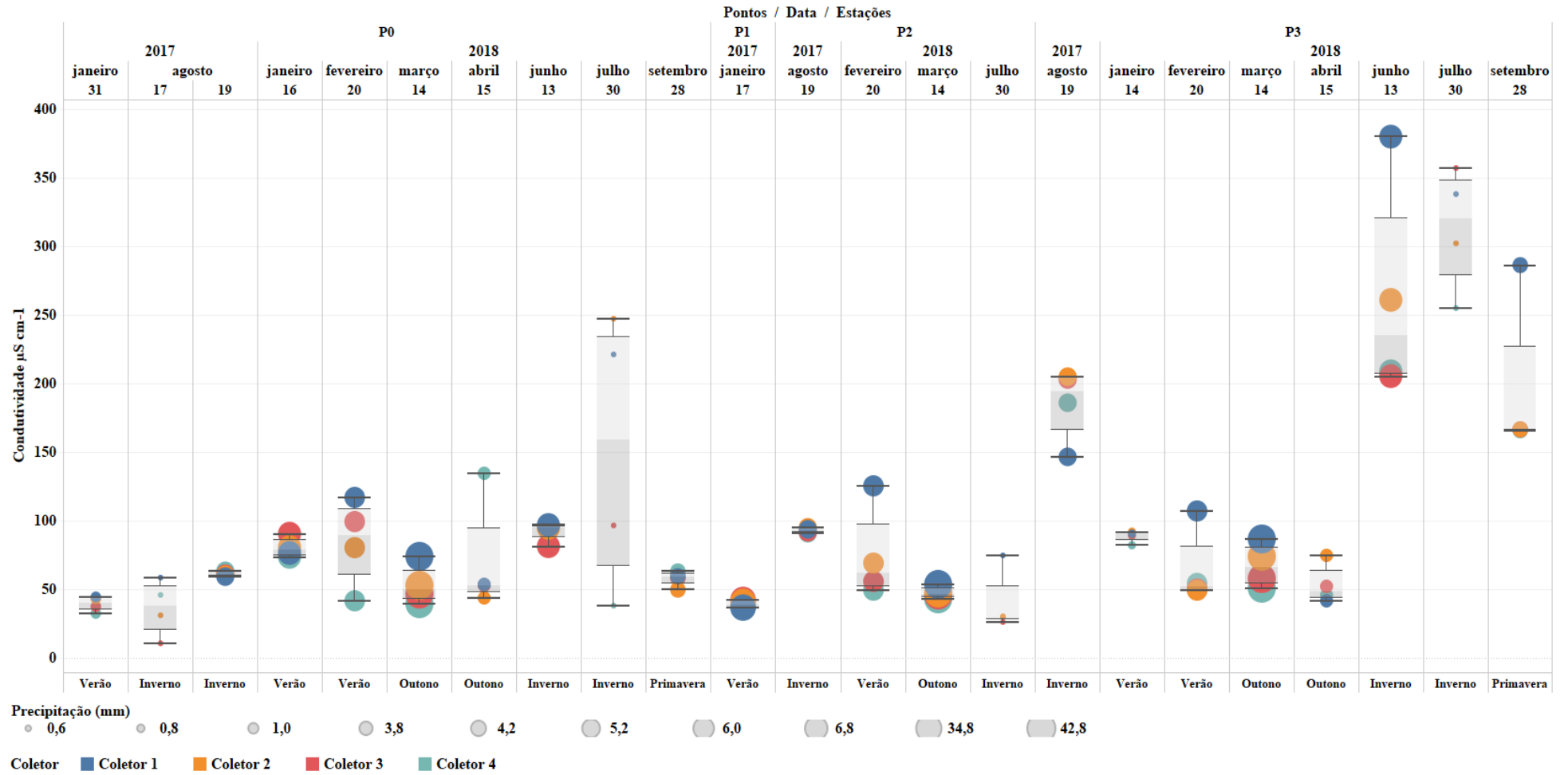
Fonte: Autor da tese

Conforme a literatura, item 4.5.3, medidas de condutividade abaixo de $100 \mu\text{Scm}^{-1}$ são consideradas águas naturais. Analisando os resultados das médias de condutividade determinadas no período de estudo (Figura 24), quatro determinações, de um total de 23 apresentaram resultados de condutividade acima de $100 \mu\text{Scm}^{-1}$ representando as coletas realizadas no período de inverno, no qual três concentrações no ponto 3 e uma concentração no ponto 0. Segundo a CETESB (2018), o período de maio a setembro é, geralmente, o mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no Estado de São Paulo.

A condutividade, entre os coletores, variou de 10,2 a $308 \mu\text{Scm}^{-1}$ (vide Figura 25). Os altos valores de condutividade foram observados quando os índices

pluviômetros estavam baixos (no inverno e na primavera), mostrando um aumento no total de íons dissolvidos acumulados no local. Segundo a literatura, os altos índices de condutividade são ocasionados por meio de fontes não pontuais (BRASIL, 2001). Como o escoamento é considerado uma fonte não pontual, esses valores corroboram com a literatura.

Figura 25 - Representação gráfica dos resultados da condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) por coletor, por data de coleta, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação



Fonte: Autor da tese

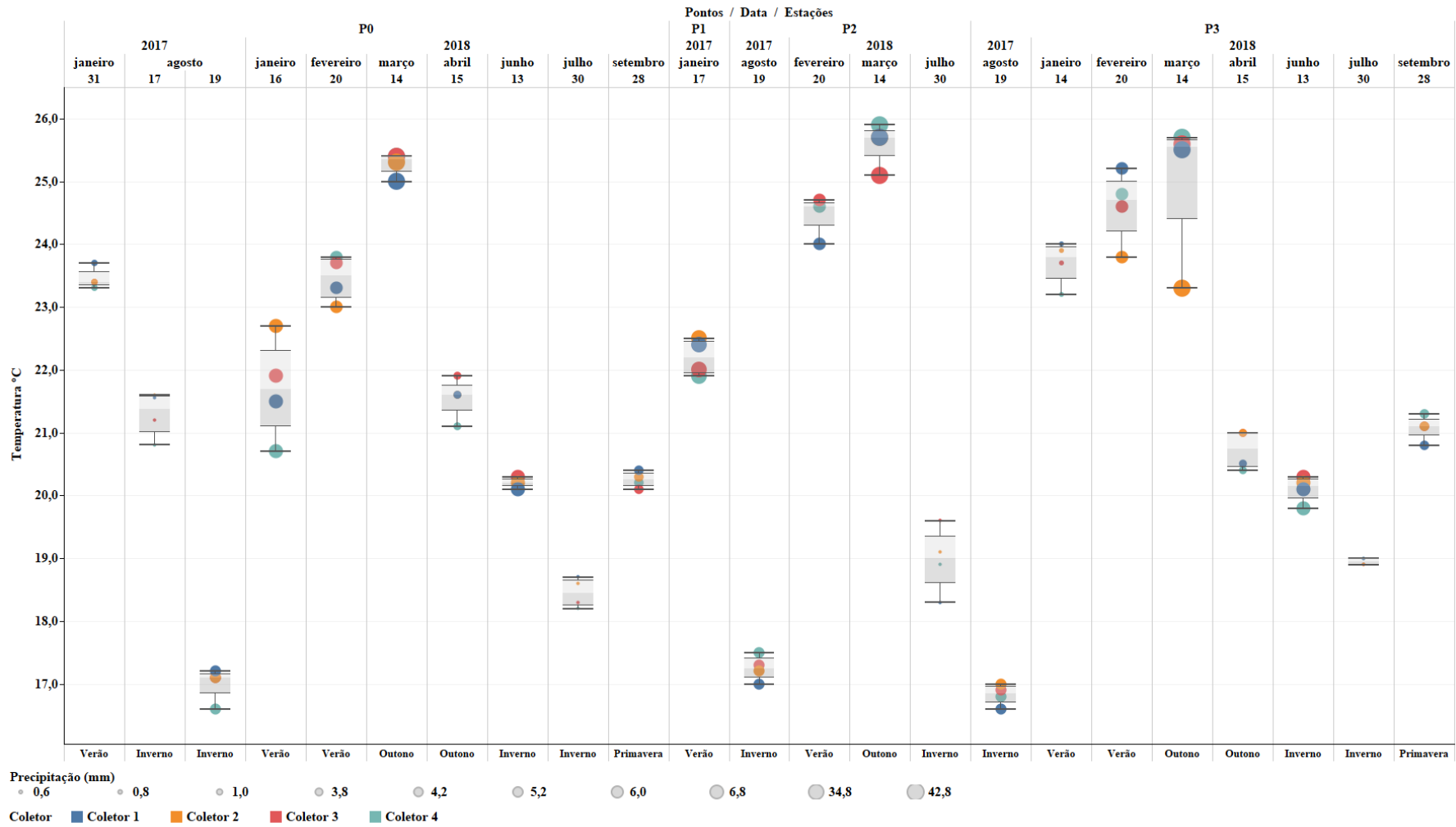
6.2.3 Avaliação dos dados de medida de Temperatura

Na Figura 26 estão apresentados os resultados das medidas de temperatura por cada coletor, pela precipitação e estação do ano. Os resultados da determinação da temperatura nas amostras durante o período de estudo estão descritos no ANEXO C, p.160.

As medidas da temperatura, entre os coletores, do amostrador integrado, variaram de 16,6 a 25,9. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C. Entretanto, em regiões mais frias, a temperatura da água em períodos de inverno pode baixar a valores entre 5°C e 15°C (BRAGA, HESPANHOL, *et al.*, 2005), como ocorrido nas amostras coletadas, nesse estudo, no inverno de 2017 e 2018.

Analisando as medidas de temperatura (Figura 26), individualmente, por cada coletor, nos amostradores integrado, a temperatura entre os coletores, do 1º ao 4º, apresentam comportamentos similares, com variações não passando de 3°C entre as medidas e independente da variação de precipitação os valores aumentaram nas estações mais quentes e diminuíram as estações mais frias, corroborando com a literatura.

Figura 26 - Representação gráfica dos resultados das medidas de temperatura (°C) nas amostras de água de escoamento superficial por coletor, data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação



Fonte: Autor da tese

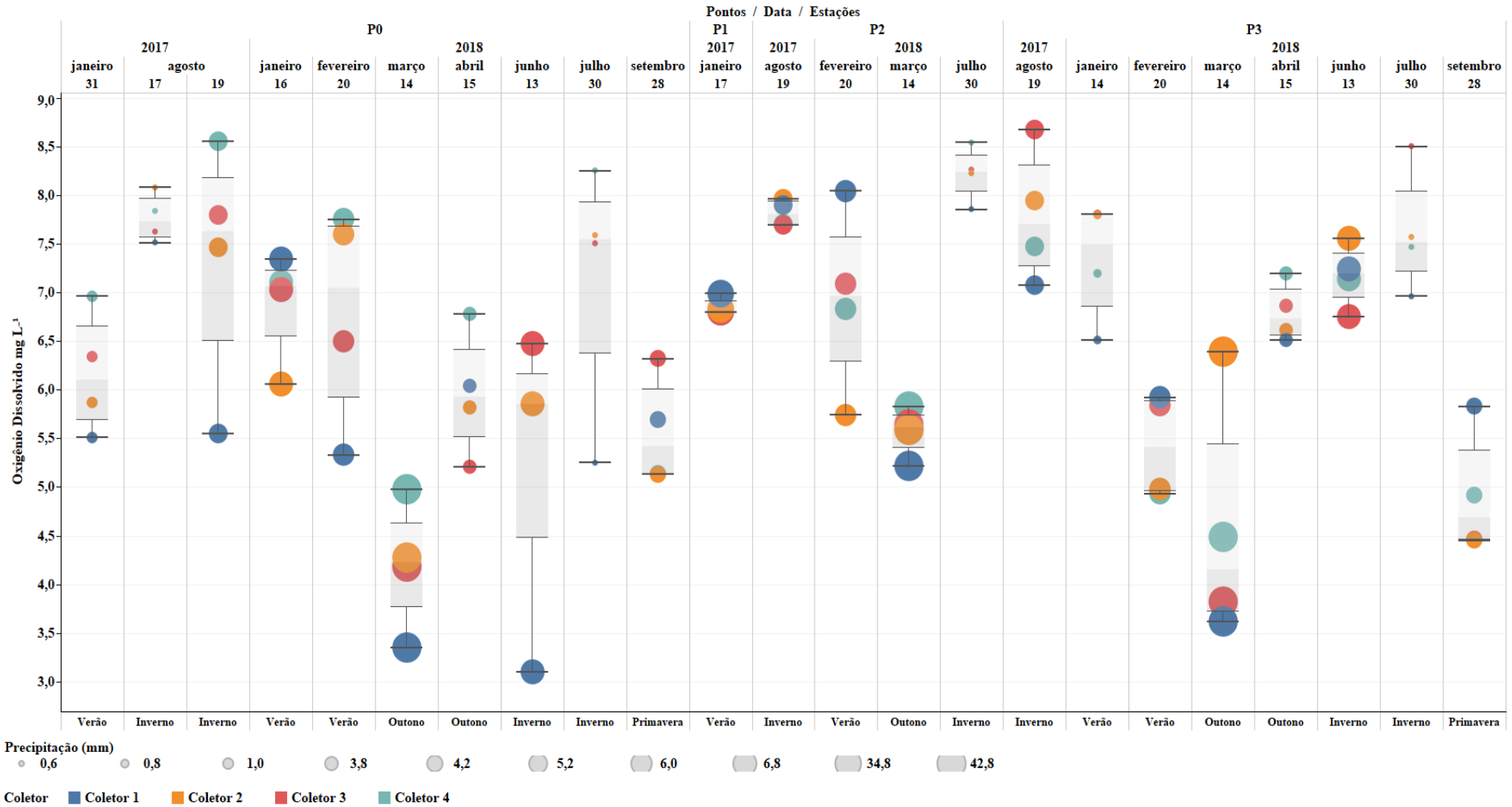
6.2.4 Avaliação dos dados de Oxigênio Dissolvido

Na Figura 27 estão apresentados os resultados da determinação de oxigênio dissolvido por coletor, em função da precipitação e estação do ano. Os dados são das amostras coletadas no período de 2017 a 2018. Os resultados individuais estão descritos no ANEXO C, p.160.

Os resultados da determinação da concentração de oxigênio dissolvido, entre os coletores, do amostrador integrado, apresentaram valores entre 3,35 a 8,67 mg L⁻¹.

Segunda a literatura, descrita no item 4.5.4, para a manutenção da vida aquática aeróbica os teores mínimos necessários são de 2 mg. L⁻¹ a 5 mg. L⁻¹ de concentração de OD, portanto a concentração de OD nas amostras analisadas, provenientes do escoamento superficial, apresentaram valores compatíveis aos critérios de manutenção para a vida aquática.

Figura 27 - Representação gráfica dos resultados das medidas de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) nas amostras de água de escoamento superficial por coletor, data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação



Fonte: Autor da tese

6.2.5 Avaliação dos dados de Séries de Sólidos

Na Figura 28 estão apresentados os resultados da concentração dos sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV) por cada coletor, em função da precipitação e estação do ano. Os resultados se referem as amostras coletadas no período de 2017 a 2018. Os dados brutos podem ser observados no ANEXO C, p.160.

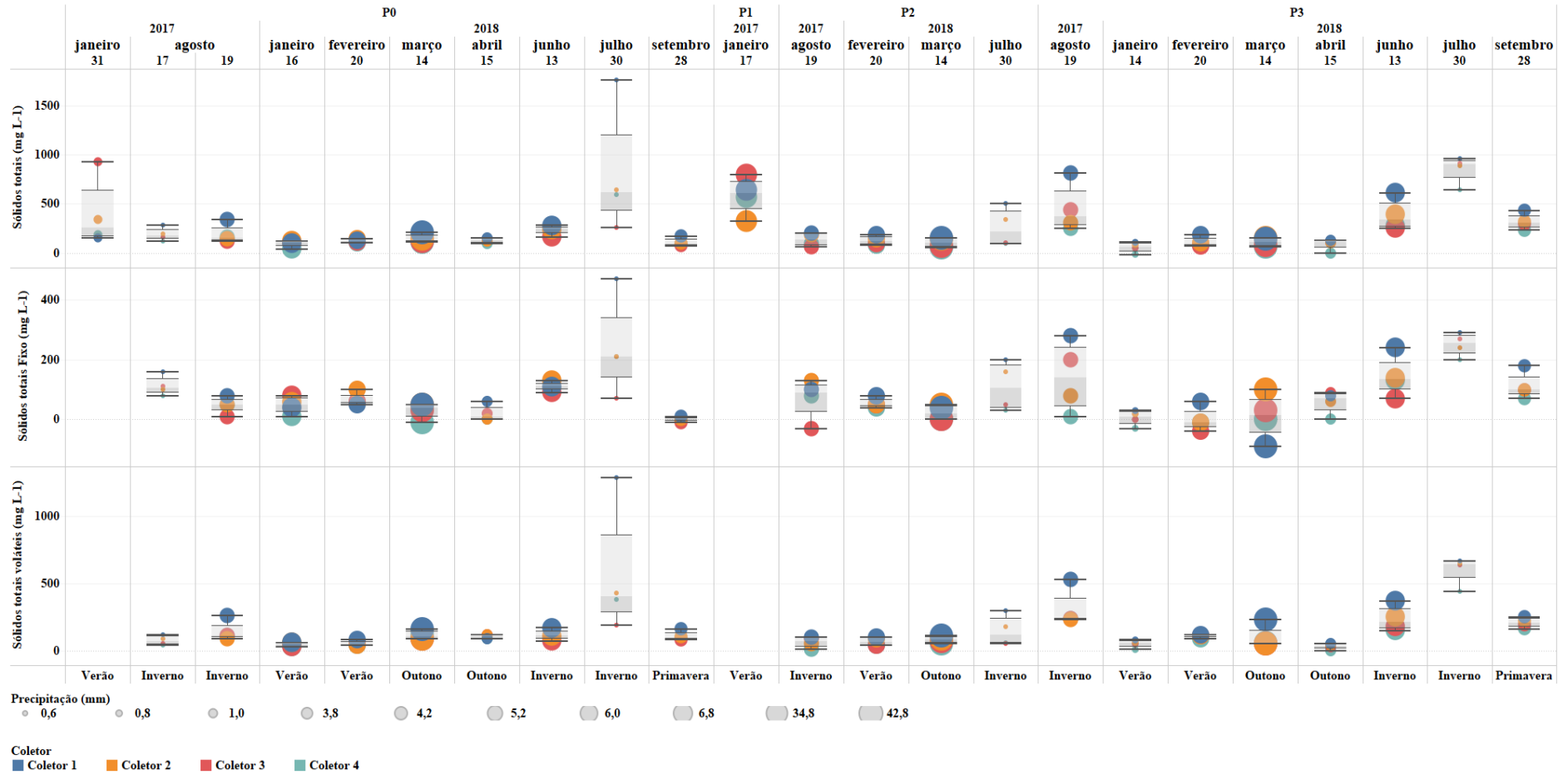
Avaliando os resultados foi possível verificar que no período chuvoso (primavera e verão) as amostras apresentaram menor variação na distribuição dos sólidos totais, o mesmo não foi observado no período de estiagem (outono e inverno), o teor de sólidos apresentou um comportamento decrescente dos resultados, sendo que o 1º coletor apresentou um teor de sólidos maior que no 4º coletor.

Comparando os resultados obtidos com a Resolução Conama 357/2005, as coletas realizadas no inverno, em julho de 2018, nos pontos P0 e P3 apresentaram valores de concentração para ST acima de 500 mg L^{-1} , refletindo nos outros sólidos analisados STF e STV.

Essa variação dos sólidos pode estar ligada a sazonalidade da disposição atmosférica quanto as variáveis de tráfego, limpeza de ruas, tamanho do evento conforme descrito na literatura no item 4.5.5.

Desse modo, com a determinação de ST, STF e STV nas amostras foi possível observar a quantidade de sólidos presentes nas amostras coletadas no amostrador integrado, além do fenômeno do primeiro fluxo.

Figura 28 - Representação gráfica dos resultados das medidas de serie de sólidos (mg L⁻¹) nas amostras de água por coletor, data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação

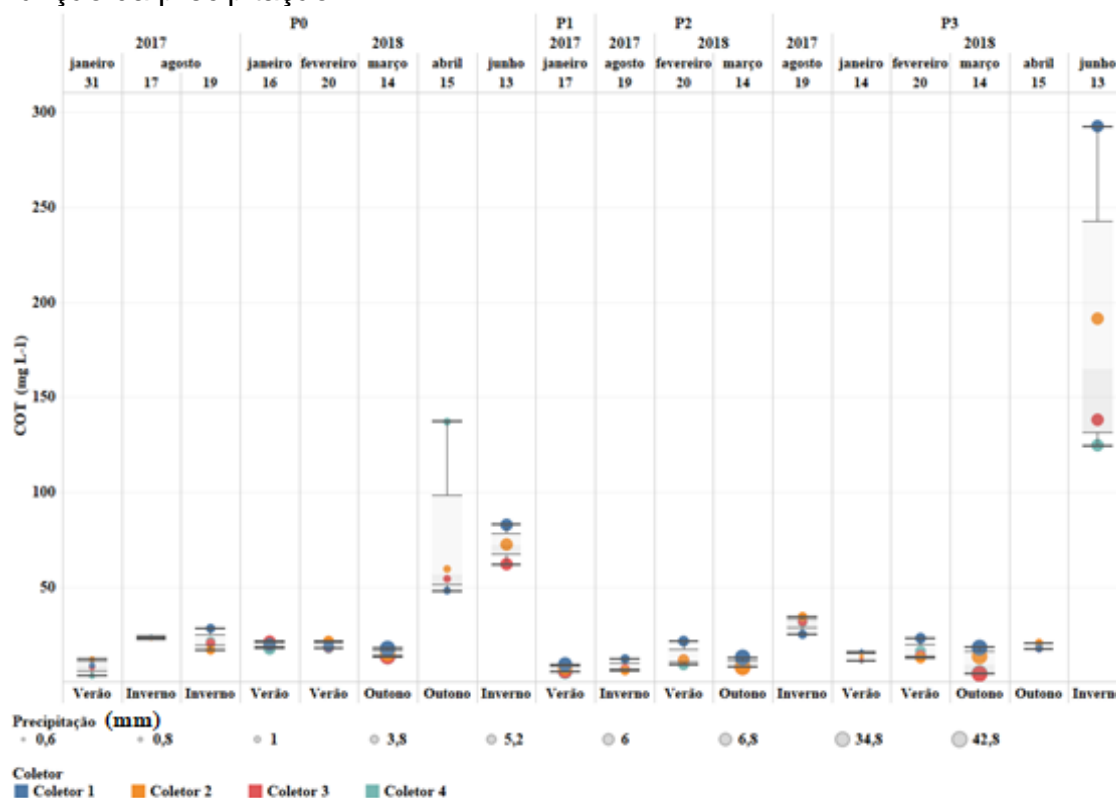


Fonte: Autor da tese

6.3 Avaliação dos dados de Carbono Orgânico Total (COT)

Na Figura 29 estão apresentados os resultados da concentração de carbono orgânico total (COT) nas amostras de água de escoamento superficial, por estação do ano/precipitação e a partir da data de coleta, os pontos de coleta e precipitação.

Figura 29 - Representação gráfica dos resultados da determinação de concentração de carbono orgânico total (mg L^{-1}) nas amostras de água do escoamento superficial por coletor, por data, estação do ano e pontos de coleta em função da precipitação



Fonte: Autor da tese

Pode-se observar (Figura 29) que nas coletas de abril e junho de 2018, outono e inverno, as medidas de COT, das amostras nos coletores, foram maiores, comparando com as amostras coletadas nos outros períodos.

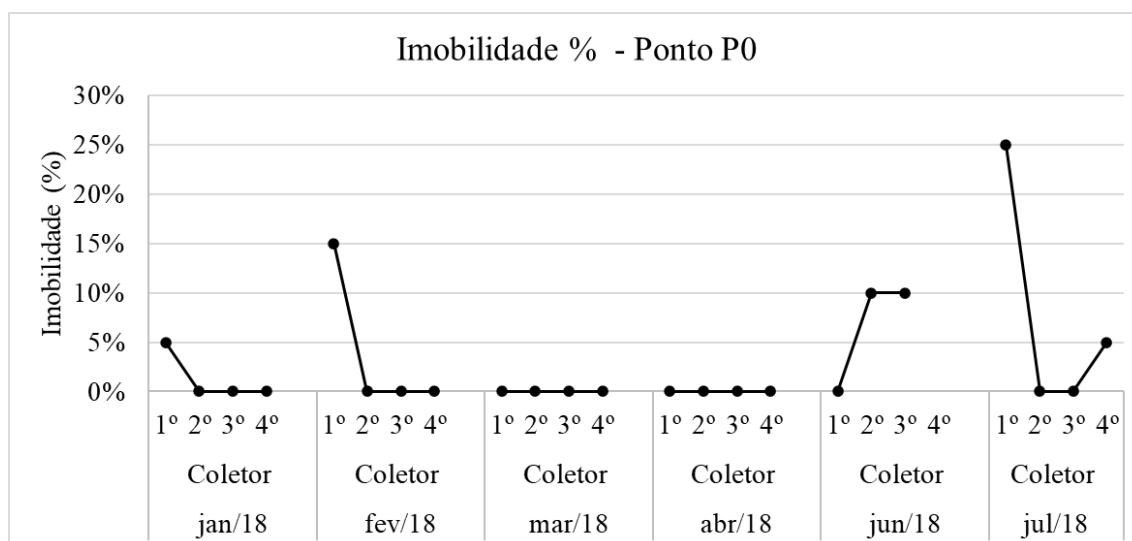
Essa variação é devida a estiagem que ocorreu antes da coleta dessas amostras nesse ponto, provocando acúmulo e retenção de substâncias resultantes da degradação da matéria orgânica presente nas águas, corroborando com a literatura, conforme descrito no item 4.5.6.

6.4 Avaliação de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis* nas diferentes amostras de água provenientes do escoamento superficial.

Na Figura 30, Figura 31 e Figura 32, estão apresentados os resultados da porcentagem de imobilidade dos organismos *Daphnia similis* referente aos ensaios de toxicidade nas amostras de água de escoamento superficial urbano coletadas nos pontos P0, P2 e P3, respectivamente.

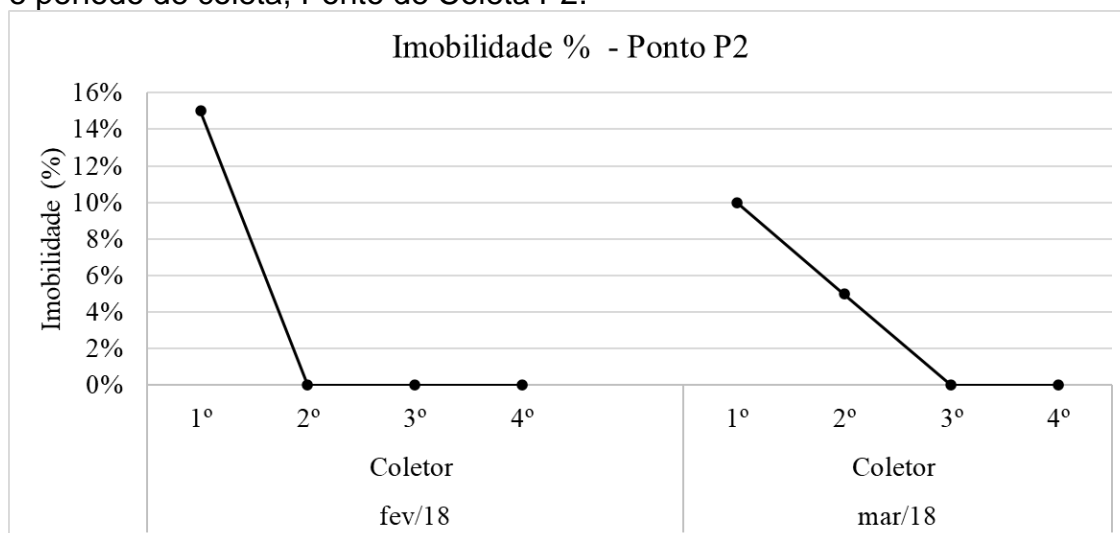
Os ensaios foram realizados no período de janeiro a julho de 2018. No entanto, em alguns pontos não foi possível realizar a coleta, pois não houve precipitação, como no caso do ponto P2, onde foi utilizado somente as coletas do mês de fevereiro e março.

Figura 30 - Representação gráfica das curvas de imobilidade (%) dos organismos *Daphnia similis* no ensaio de ecotoxicidade aguda das amostras de água por coletor e período de coleta, Ponto de Coleta P0



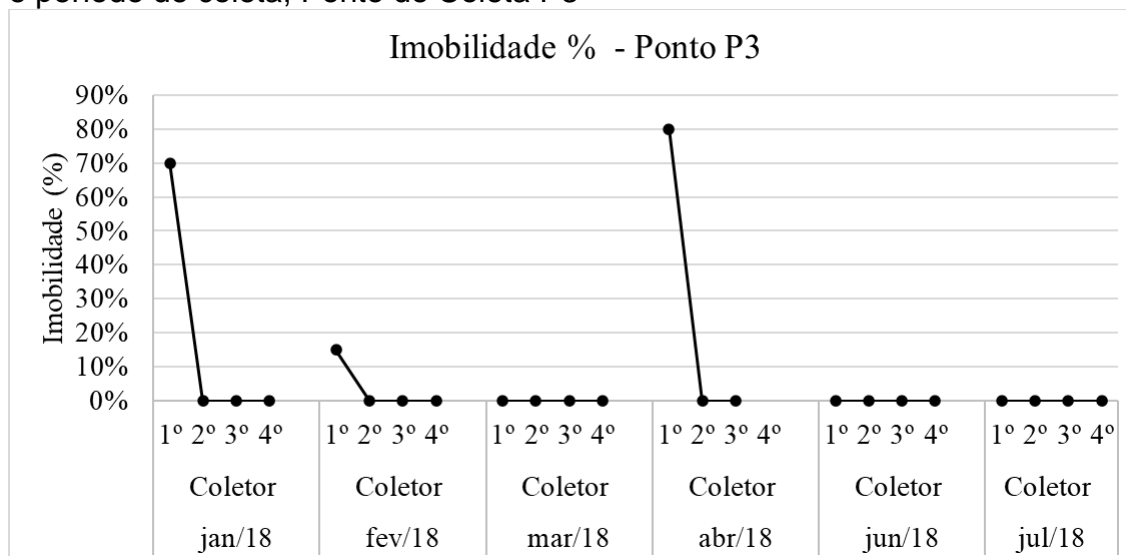
Fonte: Autor da tese

Figura 31 - Representação gráfica das curvas de imobilidade (%) dos organismos *Daphnia similis* no ensaio de ecotoxicidade aguda das amostras de água por coletor e período de coleta, Ponto de Coleta P2.



Fonte: Autor da tese

Figura 32 - Representação gráfica das curvas de imobilidade (%) dos organismos *Daphnia similis* no ensaio de ecotoxicidade aguda das amostras de água por coletor e período de coleta, Ponto de Coleta P3



Fonte: Autor da tese

Na Figura 30 observa-se que no ponto de coleta P0, as coletas de janeiro e fevereiro de 2018, se comportaram similarmente, a taxa de imobilidade tende a diminuir do 1º ao 4º coletor. Nos primeiros coletores foi evidenciado a imobilidade dos organismos e nos demais coletores não ocorreu imobilidade. A taxa de imobilidade foi de 5% no 1º coletor de janeiro de 2018 e 15% para o 1º coletor de fevereiro de 2018.

No mês de março e abril não foi evidenciado imobilidade nos organismos testado. Os meses de junho e julho de 2018 foram os dois períodos que apresentaram comportamento diferente dos demais. Em junho/18, no 1º não ocorreu imobilidade, mas no 2º e 3º coletor ocorreu a imobilidade de 10% dos organismos. Já no mês de julho/18, o 1º coletor apresentou 25% de imobilidade, no 2º e 3º não ocorreu imobilidade, porém no 4º ocorreu 5% de imobilidade.

Para verificar a significância dos ensaios realizados nesse ponto de coleta, foi aplicado o teste p-valor, com um intervalo de confiança de 95%. Como demonstrado na Tabela, todos os ensaios não apresentaram significância estatística, podendo ser expresso que não há toxicidade no local de coleta P0, mesmo com valores de imobilidade presentes em alguns coletores, do amostrador integrado.

Tabela 11 - Teste de significância estatística para os ensaios de ecotoxicidade aguda, de 48 horas de exposição, no ponto de coleta P0

Data da coleta	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	jun/18	jul/18
p-valor (>0,05)	0,391	0,391	-	-	0,184	0,297
Intervalo de confiança - 95%						

Fonte: Autor da tese

Na Figura 31 observa-se que os organismos nos dois períodos de coleta (fevereiro e março de 18) no ponto P2, apresentaram comportamento similares. A taxa de imobilidade tendeu a diminuir, do 1º ao 4º coletor.

Em fevereiro/2018, a taxa de imobilidade foi de 15% no 1º coletor e 0% nos demais coletores. Em março/2018, a taxa de imobilidade foi de 10% no 1º coletor, 5% no 2º coletor e de 0% no 3º e 4º coletor.

Analisando estaticamente os ensaios, com o teste p-valor (Tabela 12), foi possível verificar que esse ponto, P2, foi similar ao ponto P0, pois os resultados não obtiveram significância estatística, resultando na não toxicidade dos organismos testados nesse período.

Tabela 12 - Teste de significância estatística para os ensaios de ecotoxicidade aguda, de 48 horas de exposição, no ponto de coleta P2

Data da coleta	jan/18	fev/18
p-valor (>0,05)	0,391002	0,21517
Intervalo de confiança - 95%		

Fonte: Autor da tese

No ponto P3, nos meses de janeiro, fevereiro e abril de 2018 foi evidenciado imobilidade nos organismos testados no 1º coletor (Figura 32). Nos demais meses (março, junho e julho de 2018) não foi evidenciado imobilidade nas amostras testadas.

Verificando estaticamente, foi evidenciado que não há significância estatística entre as amostras coletadas, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Teste de significância estatística para os ensaios de ecotoxicidade aguda, de 48 horas de exposição, no ponto de coleta P3

Data da coleta	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	jun/18	jul/18
p-valor (>0,05)	0,391	0,391	-	0,423	-	-
Intervalo de confiança - 95%						

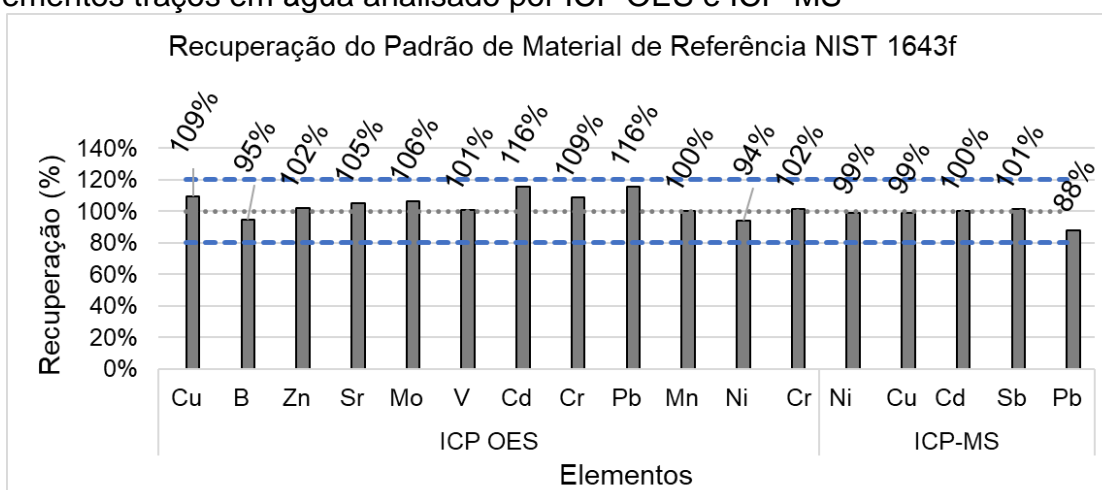
Fonte: Autor da tese

6.5 Determinação de metais totais e dissolvidos nas amostras de escoamento superficial urbano

6.5.1 Avaliação do controle de qualidade (recuperação%)

Para ambos os métodos analíticos para a determinação de metais foi utilizado o material de referência NIST 1643f. Os Resultados da porcentagem de recuperação na determinação dos metais e elementos traços utilizando as técnicas de ICP OES e ICP-MS estão listados na Figura 33.

Figura 33 – Resultado das medidas de recuperação da determinação de metais e elementos traço utilizando o padrão de material de referência 1643f – matriz elementos traços em água analisado por ICP OES e ICP-MS



Fonte: Autor da Tese.

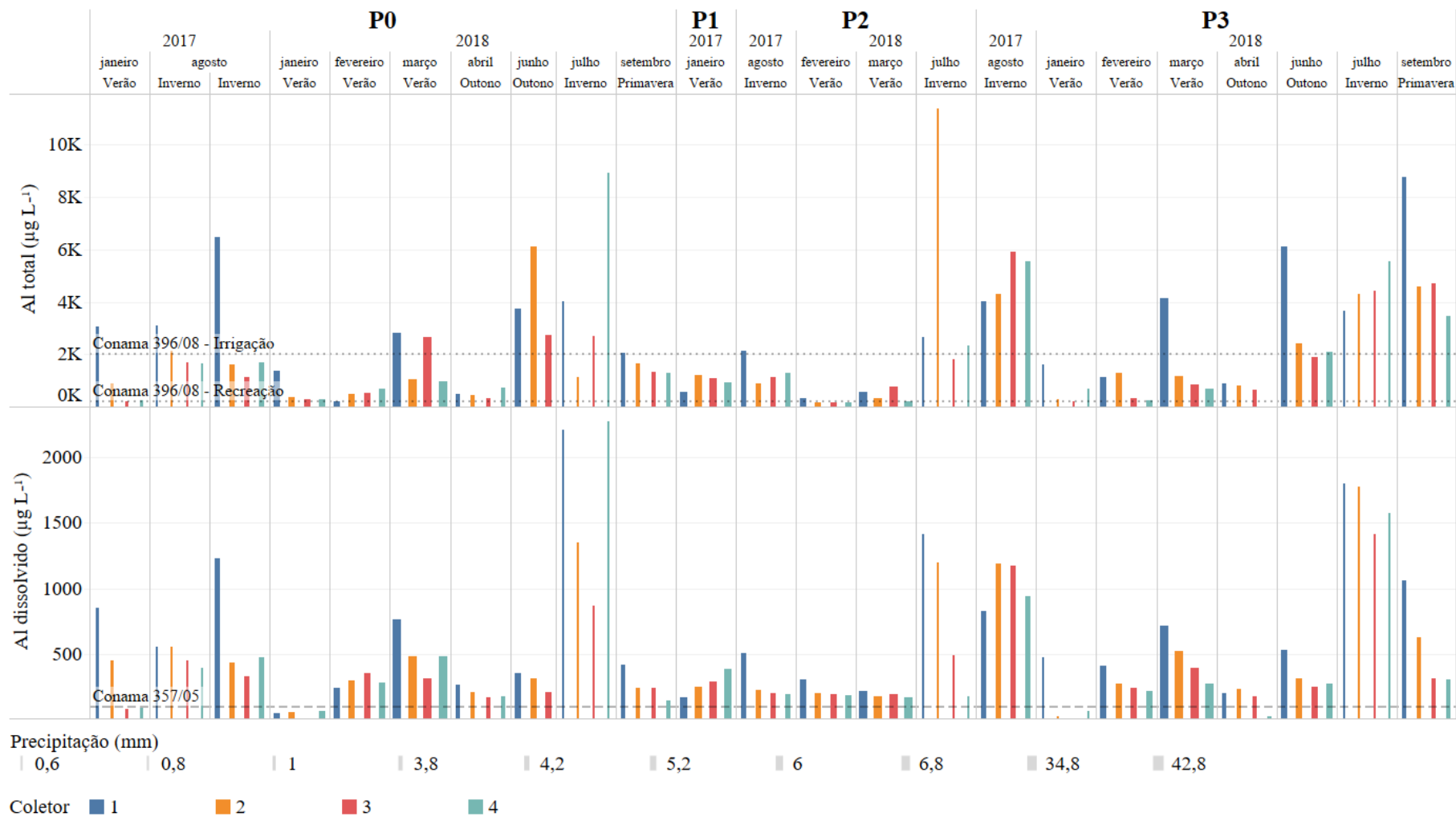
A percentagem de recuperação foi avaliada com 10 replicatas, em ambas as técnicas, para todos os elementos. Os elementos medidos apresentaram variação da recuperação entre 80 e 120% (Figura 33). Estes valores estão dentro dos limites aceites pela orientação do INMETRO DOQ-CGCRE-008 (2016).

6.5.2 Avaliação da determinação de metais e elementos-traço

Os resultados de concentração, em $\mu\text{g L}^{-1}$, dos elementos na sua forma total e dissolvida, que podem ser observados no ANEXO D e ANEXO , foram submetidos ao cálculo do *EMC*, para a correção quanto ao volume de amostra coletada nos amostradores integrados. A estatística básica foi aplicada para cada concentração obtida dos elementos para verificar os possíveis outliers e sua remoção.

Nas Figura 34 a Figura 39 estão apresentados os resultados de concentração dos metais e elementos-traços, por coletor e em função da variação da precipitação. Os resultados foram comparando com os valores da qualidade das águas estabelecidas pelas legislações brasileiras.

Figura 34 – Concentração de Alumínio (Al) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



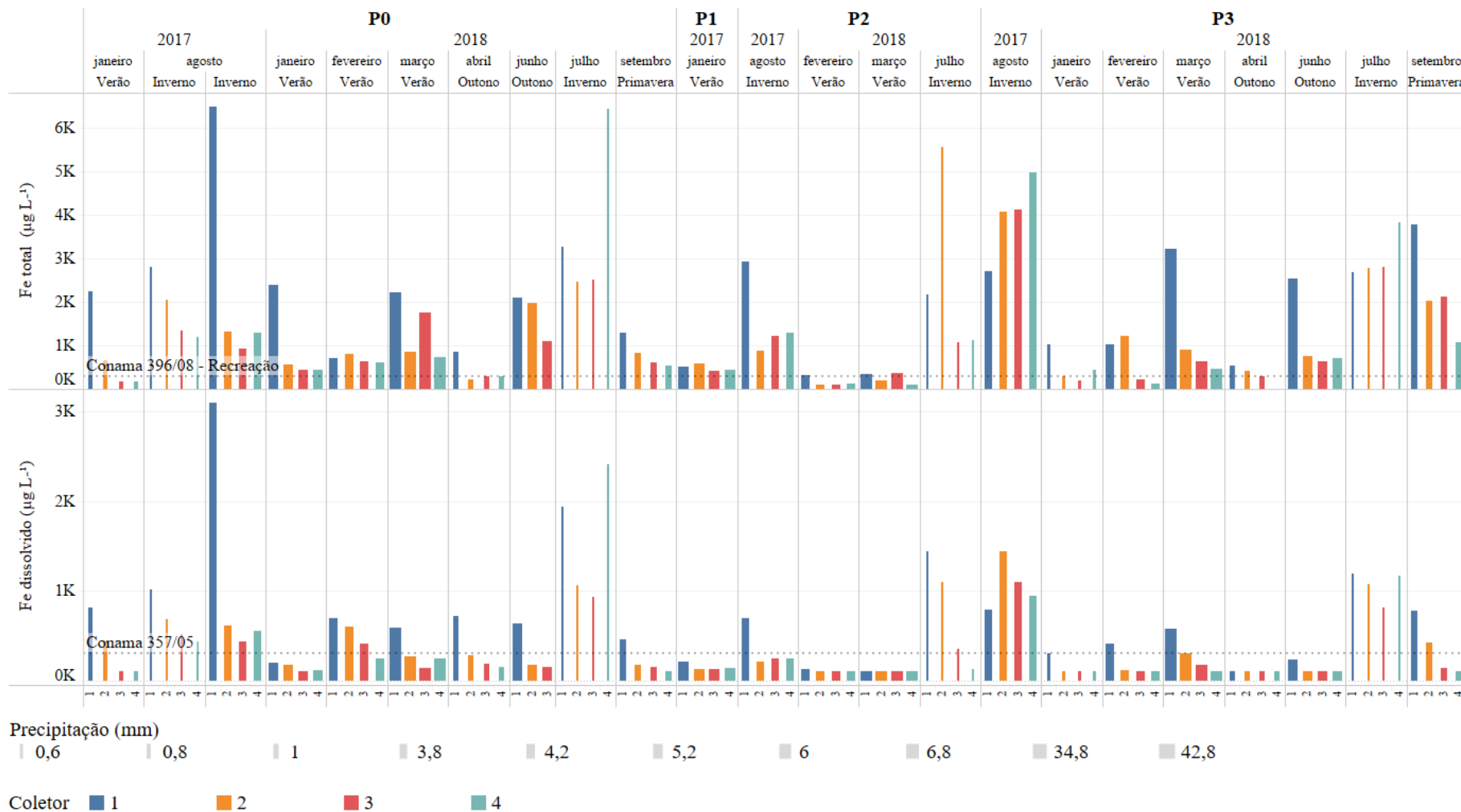
Fonte: Autor da tese

Figura 35 – Concentração de Cobre (Cu) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



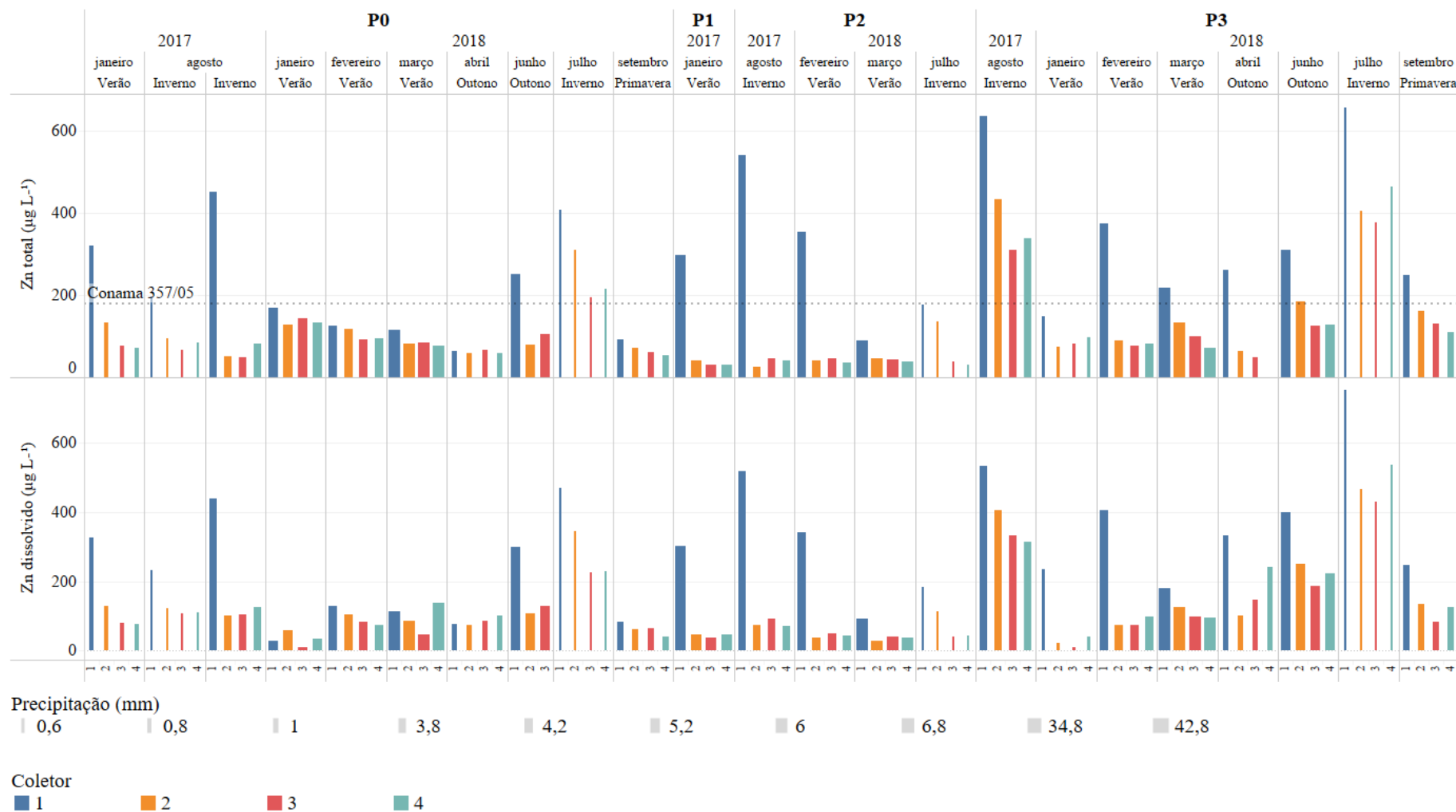
Fonte: Autor da tese

Figura 36 – Concentração de Ferro (Fe) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



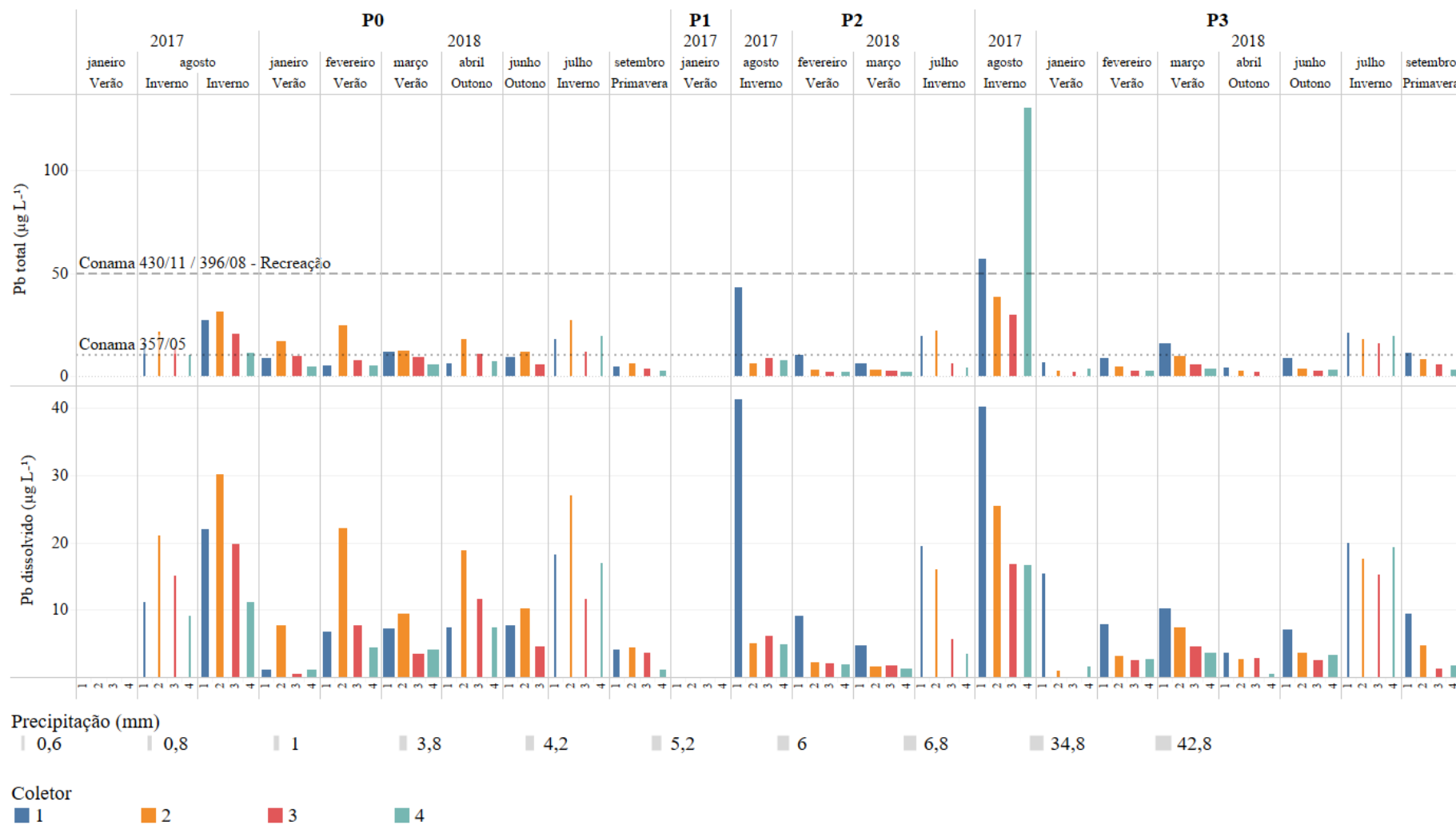
Fonte: Autor da tese

Figura 37 – Concentração de Zinco (Zn) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



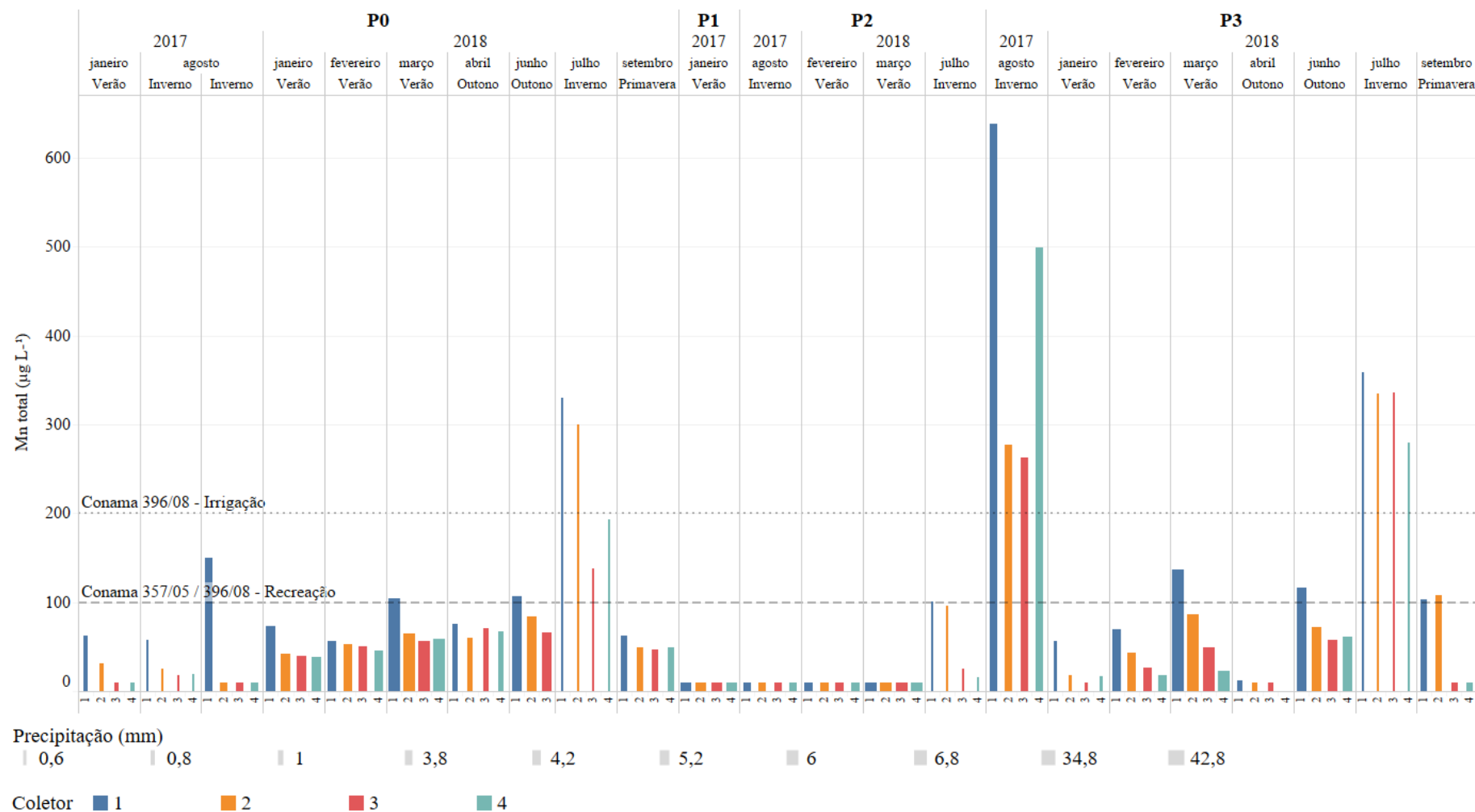
Fonte: Autor da tese

Figura 38 – Concentração de Chumbo (Pb) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



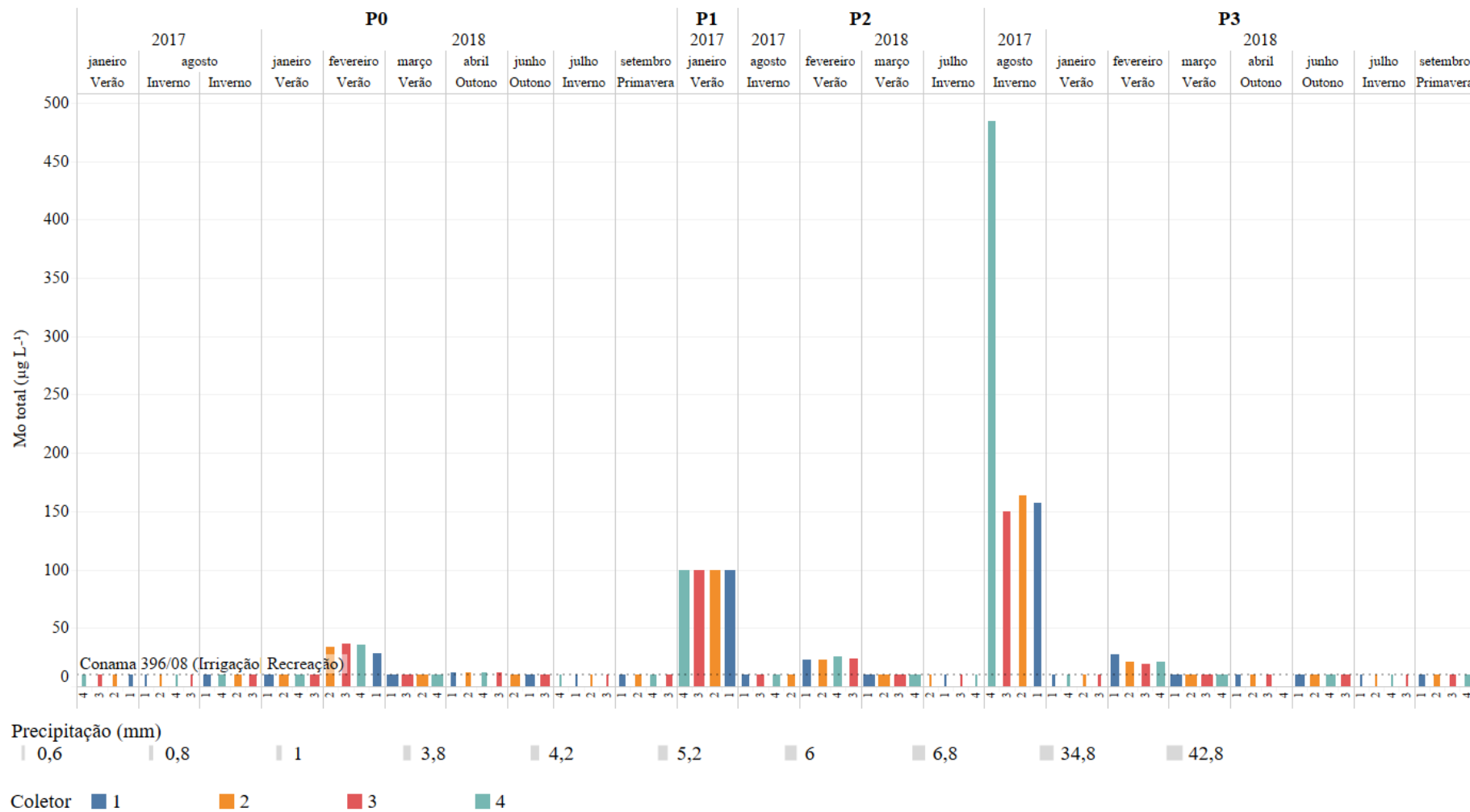
Fonte: Autor da tese

Figura 39 – Concentração de Manganês (Mn) total nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

Figura 40 - Concentração de Molibdênio (Mo) total nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

Os elementos Al, Cu, Fe, Zn, Pb, Mn e Mo, apresentados respectivamente nas Figura 34 a Figura 39, foram os elementos que apresentaram concentrações acima das resoluções CONAMA (357/05, 430/11 e 396/08). Esses elementos também demonstraram, em geral, o comportamento do primeiro fluxo (*first flush*), no qual as primeiras porções do escoamento (coletores 1 e 2) apresentaram valores maiores e nos demais coletores (3 e 4) é possível observar a diminuição da concentração, corroborando com a literatura (ALIAS, LIU, *et al.*, 2014a; WESTERLUND e VIKLANDER, 2006; STENSTROM e KAYHANIAN, 2005).

O elemento alumínio (Figura 34), na sua forma total e dissolvido, apresentaram valores de concentração acima do estabelecido na Resolução Conama 357/05 e 396/08 (Recreação | irrigação). Segundo a literatura (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2017), o pH pode ser um parâmetro que influencia na solubilidade desse elemento e em águas ácidas ou ricas de matéria orgânica tendem a aumentar sua concentração. Os resultados observados mostraram, também, que o primeiro coletor, do amostrador integrado, possuem pH próximo à acidez ($\text{pH} < 7$) no período do outono e inverno. Na resolução Conama 430/11 esse elemento não é monitorado.

O elemento cobre (Figura 35), na sua forma total apresentou valores de concentração acima da resolução Conama 396/08 (Recreação), somente na coleta de julho/2018 no ponto P3. E na forma dissolvida comparando com a resolução Conama 357/05 os resultados das coletas realizadas no outono e inverno apresentaram valores de concentração acima dessa resolução. Esses resultados podem estar relacionados a abundância desses elementos na forma de minério, segunda a literatura (item 4.4.8), e pela acumulação desse elemento devido ao nível pluviométrico nesses dias de coleta. E comparando o cobre dissolvido com a resolução Conama 430/11 os resultados de concentração foram abaixo do limite máximo permitido ($< 1000 \mu\text{g L}^{-1}$).

O elemento ferro (Figura 37), na sua forma total e dissolvida, apresentou valores de concentração acima das resoluções Conama 357/05 e 396/08 (Recreação). Esse elemento não é considerado tóxico, porém segundo a literatura descrita no item 4.4.11, pode modificar a cor e o sabor da água. Nas amostras analisadas, o ferro, pode ser relacionado ao solo e também pela poeira proveniente das emissões de tráfego. Devido a sua combinação com outros elementos na

formação de ligas é evidente a presença de ferro nas águas de escoamento superficial. E comparando o ferro dissolvido com a resolução Conama 430/11 os resultados de concentração foram abaixo do limite máximo permitido ($<15.000 \mu\text{g L}^{-1}$).

O elemento zinco (Figura 37), na forma dissolvida não é monitorado pelas resoluções CONAMA 357/2011, 430/11 e 396/08, porém na forma total na resolução Conama 430/11 e 396/08 os valores de concentração foram abaixo dos valores máximos permitidos, $5000 \mu\text{g L}^{-1}$ e $2000 \mu\text{g L}^{-1}$ (irrigação)/ $5000 \mu\text{g L}^{-1}$ (recreação) respectivamente. Para a resolução Conama 357/05 esse elemento apresentou valores de concentração acima do permitido nas primeiras porções do escoamento (coletor 1 e 2) nos períodos de outono e inverno. Devido a sua ampla presença em usos diversos, como em pneus, produtos de borracha, carros e entre outros (ver item 4.4.24) é evidente a sua presença nas águas de escoamento.

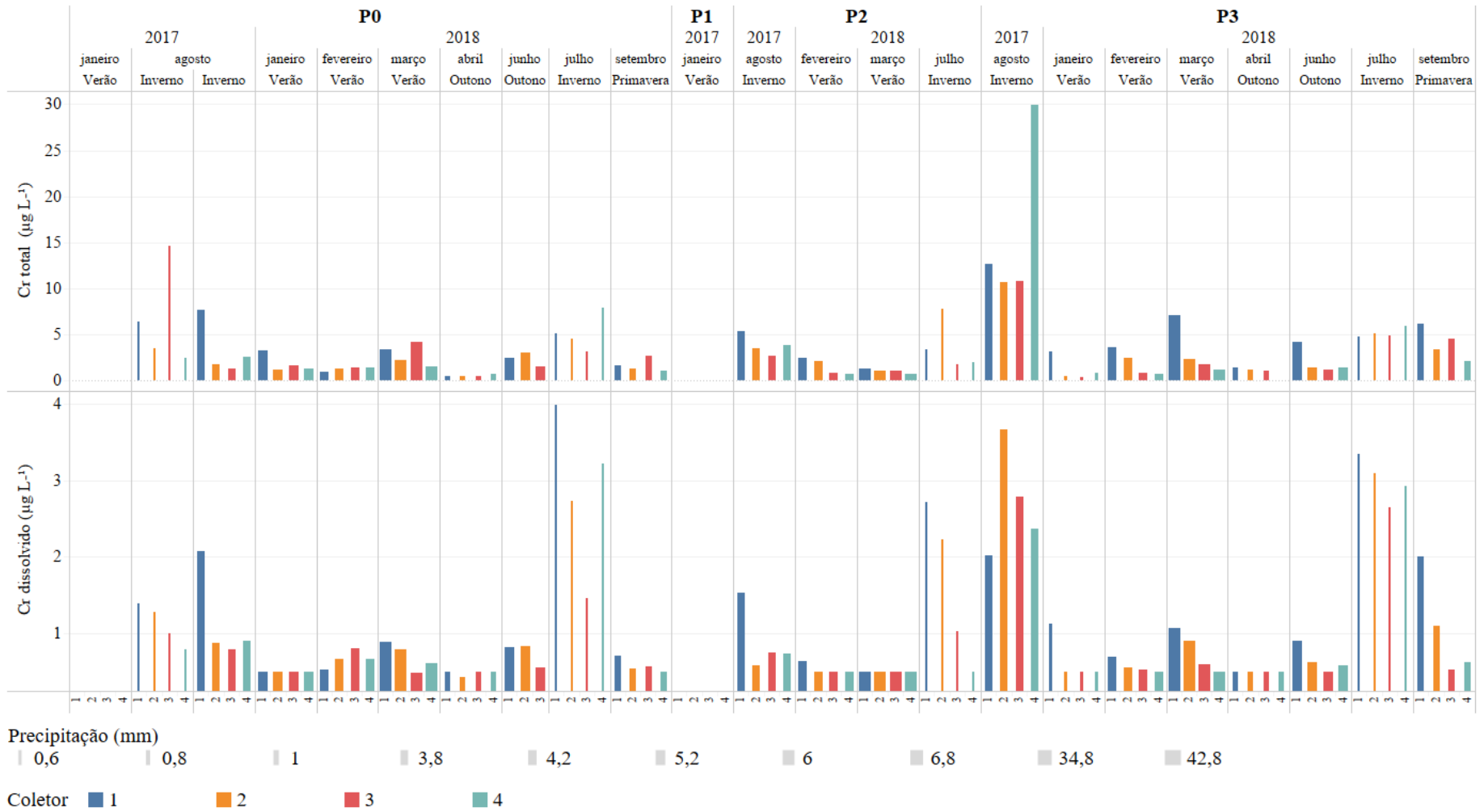
O elemento chumbo (Figura 38), na forma dissolvida não há legislações para esse parâmetro, porém para a forma total há valores máximos permitidos de concentração para as três resoluções Conama (357/05, 430/11 e 396/08). Para a resolução Conama 357/05 os valores de concentração do chumbo foram próximo o valor máximo permitido ($<10 \mu\text{g L}^{-1}$), porém as concentrações, em geral, que ultrapassaram esse valor foram as coletas realizadas no período do outono e inverno nos pontos P0, P2 e P3. Já os resultados comparados com o Conama 430/11 e 396/08 (Recreação) somente a coleta realizada em agosto/2017 no ponto P3 que apresentou concentração acima dos valores máximos permitidos ($500 \mu\text{g L}^{-1}$ e $50 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente).

O elemento manganês (Figura 39), não é monitorado na resolução Conama 430/11, porém nas resoluções Conama 357/05 e 396/08 possuem valores máximos permitidos de concentração ($100 \mu\text{g L}^{-1}$ e $200 \mu\text{g L}^{-1}$). É possível observar, na Figura 39, que os valores que ultrapassaram os valores da resolução Conama 357/05 foram as amostras coletadas no inverno de 2017 e 2018 nos pontos P0 e P3. E para a resolução Conama 396/08 (irrigação) somente nas coletas de agosto/2017, no ponto P3, e julho/2018, nos pontos P0 e P3, apresentaram valores acima da legislação. Esse elemento presente nas águas de escoamento pode ser devido as variações do pH e ele é encontrado em sedimentos, na forma de partículas suspensas, conforme descrito no item 4.4.13.

O elemento molibdênio (Figura 40) apresentou somente cinco coletas acima da legislação, as demais coletas apresentaram valores abaixo do LQM e da resolução Conama 396/08 ($<10 \mu\text{g L}^{-1}$). Sua presença, mesmo que mínima nas águas de escoamento pode ser devido a existência de cerca de 50 enzimas diferentes usadas por plantas e animais que contêm molibdênio.

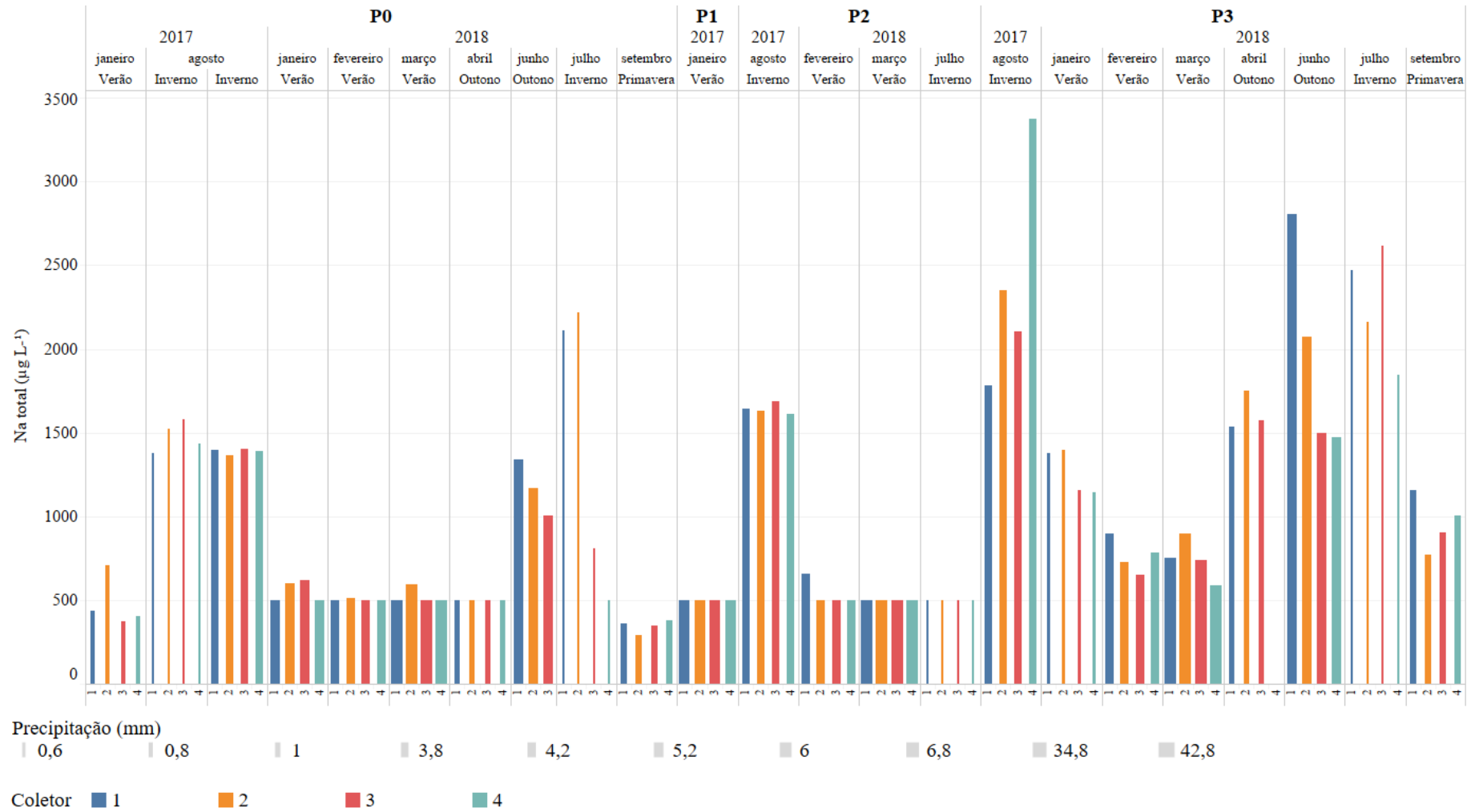
Os elementos como cromo, sódio e urânio, não apresentaram valores acima das resoluções Conama. E estão apresentados, respectivamente nas Figura 41, Figura 42 e Figura 43.

Figura 41 - Concentração de cromo (Cr) total nas águas de escoamento pluvial



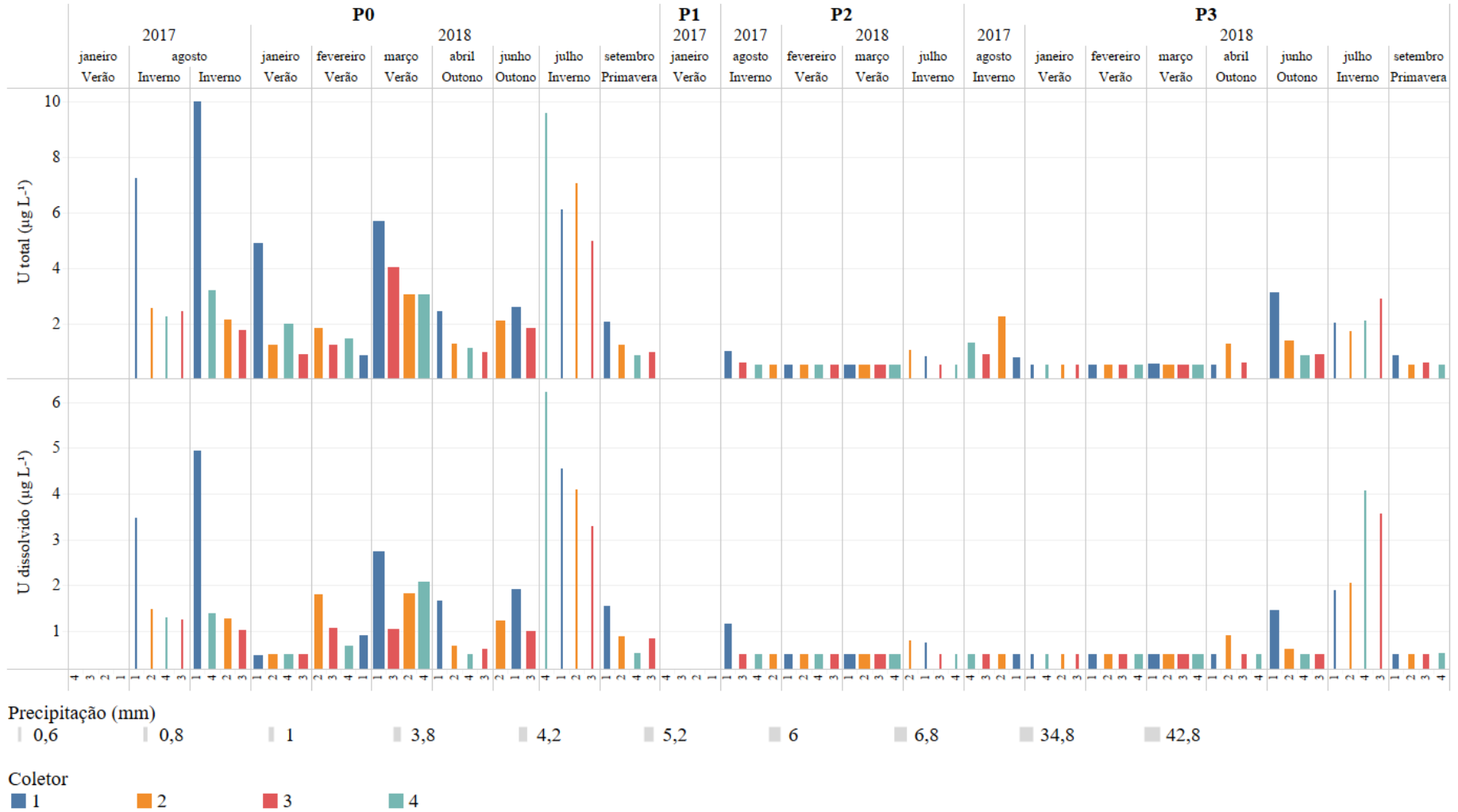
Fonte: Autor da tese

Figura 42 - Concentração de sódio (Na) total nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

Figura 43 - Concentração de Urânio (U) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

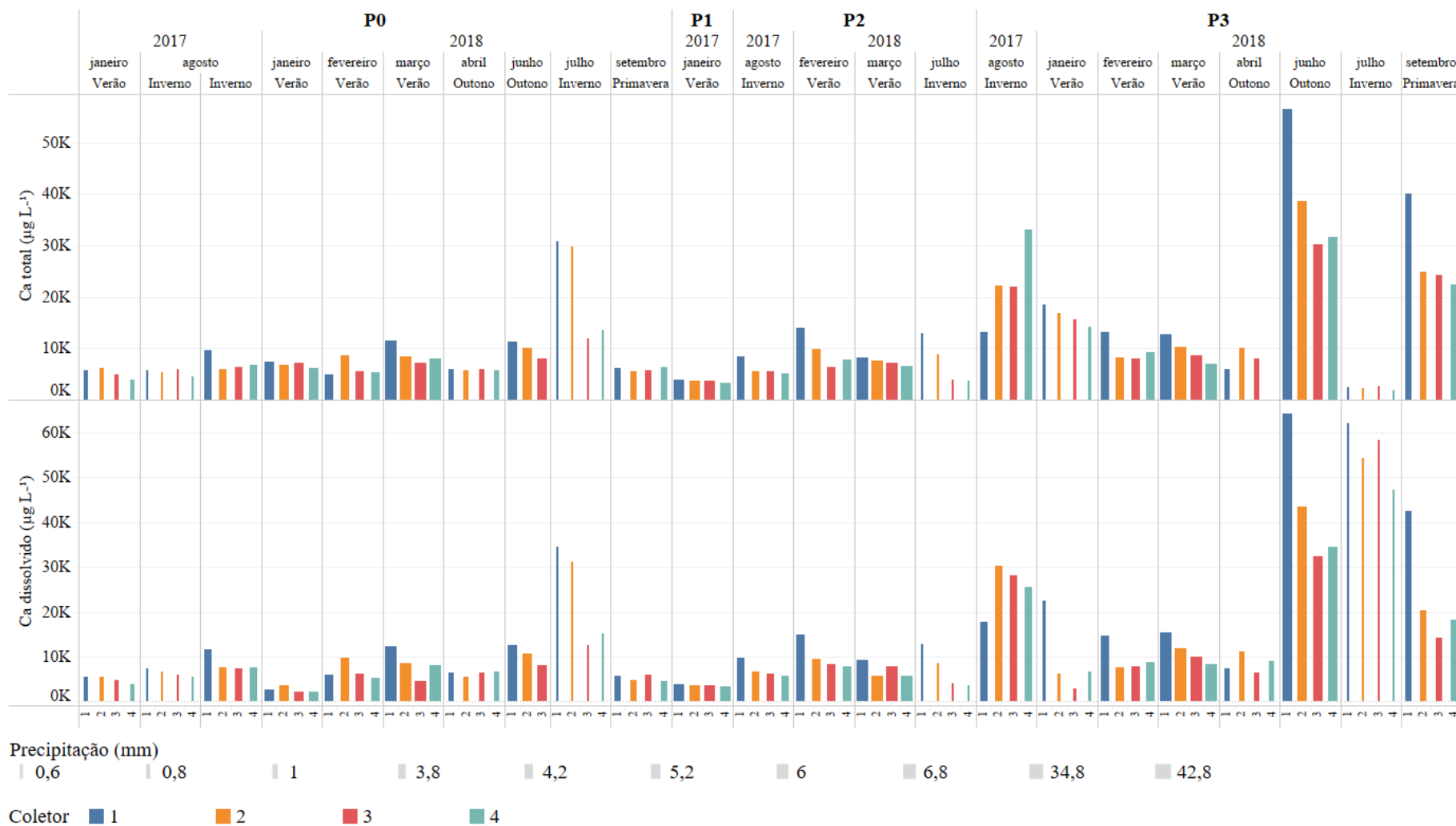
O elemento cromo (Figura 41) não apresentou valores superiores aos valores máximos permitidos das principais resoluções Conama. Observando os dados de concentração desse elemento na água de escoamento, o teor de cromo não passa de $35 \mu\text{g L}^{-1}$ na forma total e dissolvida. E esse elemento, segundo a literatura (item 4.4.9), pode ser facilmente encontrado na natureza (rochas, solo, poeiras, água, plantas e entre outros).

O elemento sódio (Figura 42) não apresentou valores superiores aos valores máximos permitidos das principais resoluções Conama. E é um elemento presente amplamente no meio ambiente, por isso sua presença nas águas de escoamento superficial.

O elemento urânio (Figura 43) não apresentou valores superiores aos valores máximos permitidos das principais resoluções Conama. Sua concentração nas águas de escoamento não passou de $10 \mu\text{g L}^{-1}$, na forma total e dissolvida. Esse elemento para o local de coleta é de extrema importância, pois tem diversos usos em determinados centros no IPEN. Com um valor abaixo das principais legislações é um sinal que mesmo presente, não causa impacto para o meio ambiente e para os servidores que ali trabalham.

Os elementos cálcio, potássio, magnésio silício, titânio, cério, tório e lantânio não possuem valores máximos permitidos nas resoluções Conama e seus dados de concentração estão apresentados na Figura 44 a Figura 51.

Figura 44 – Concentração de Cálcio (Ca) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

Figura 45 – Concentração de Potássio (K) total nas águas de escoamento pluvial

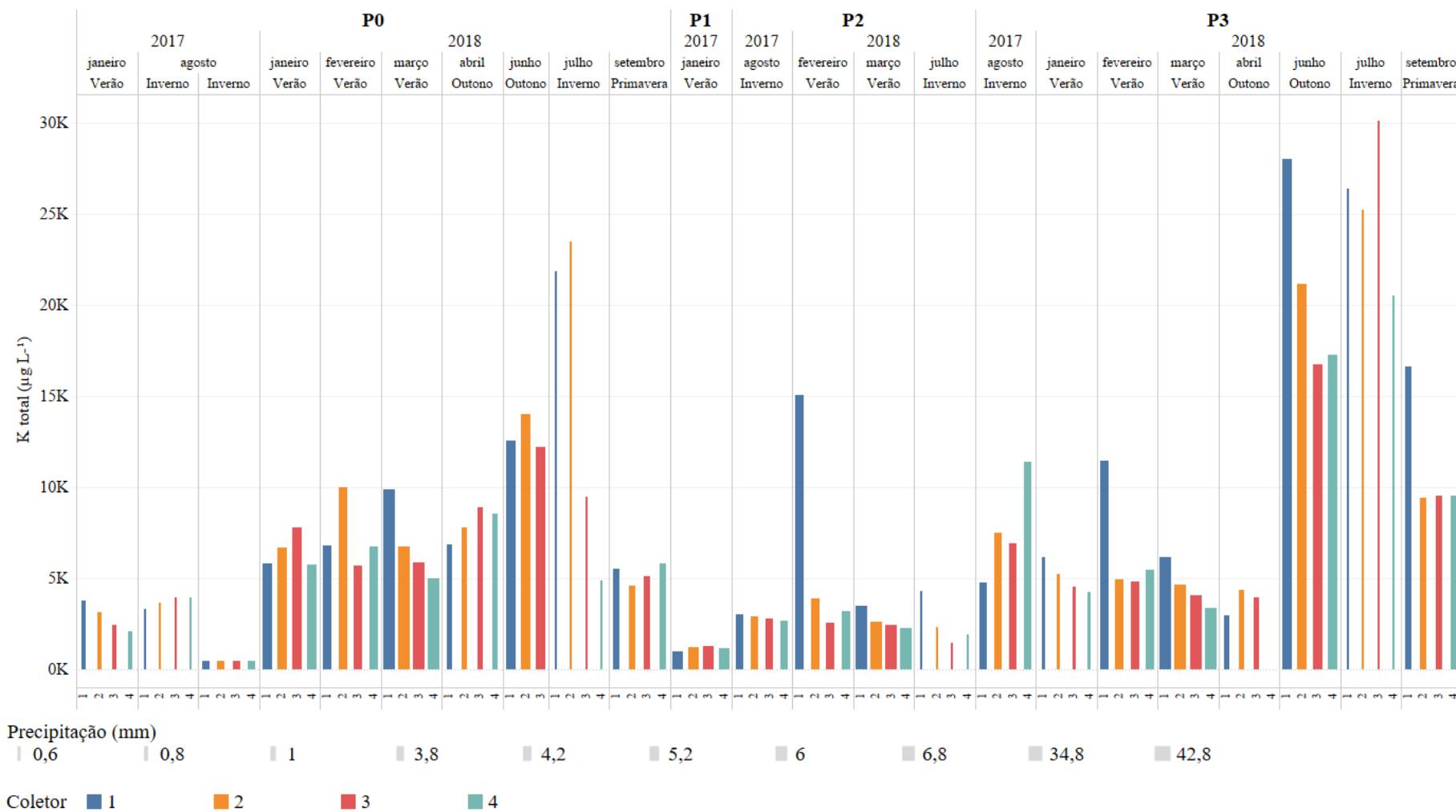
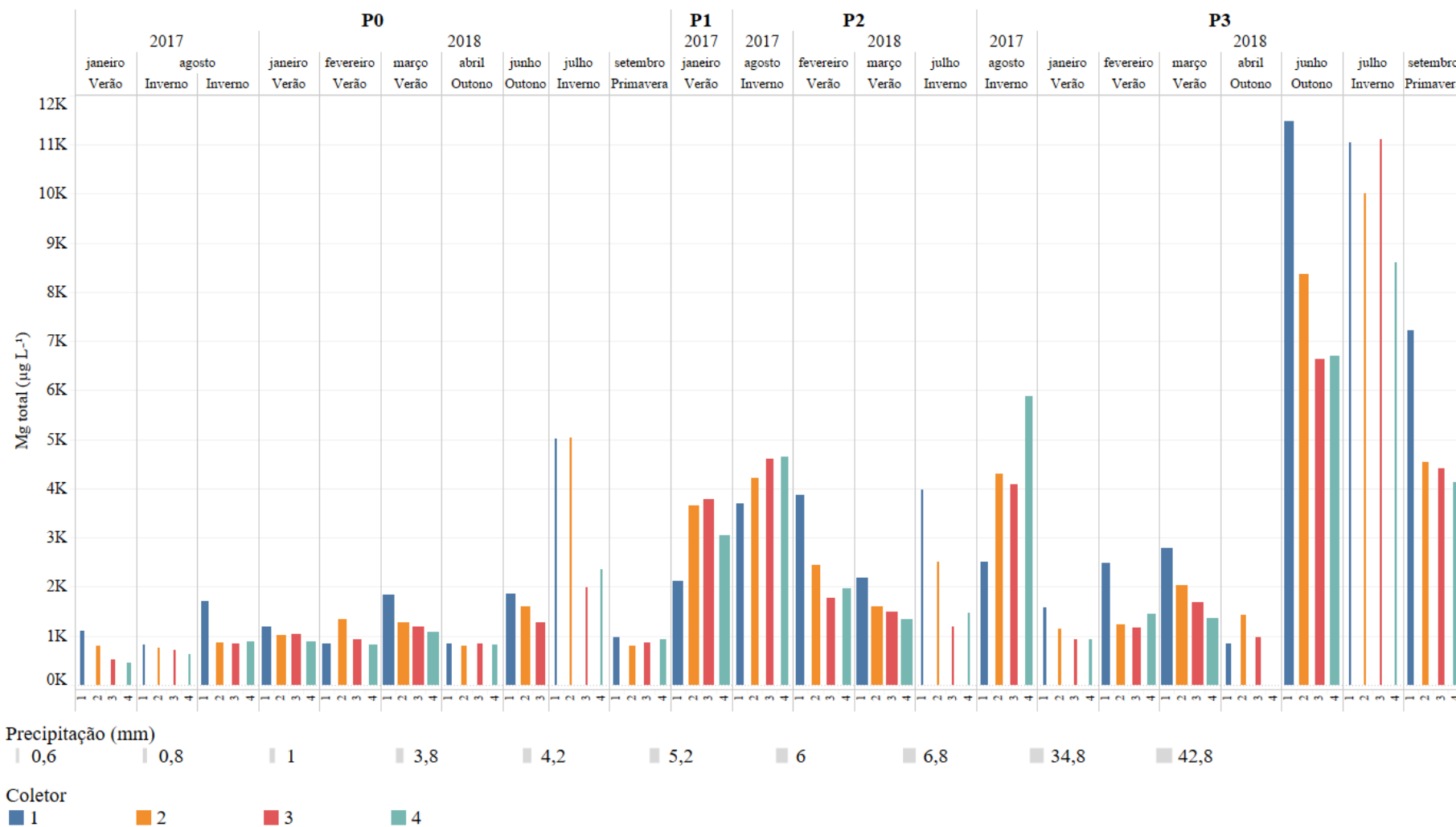
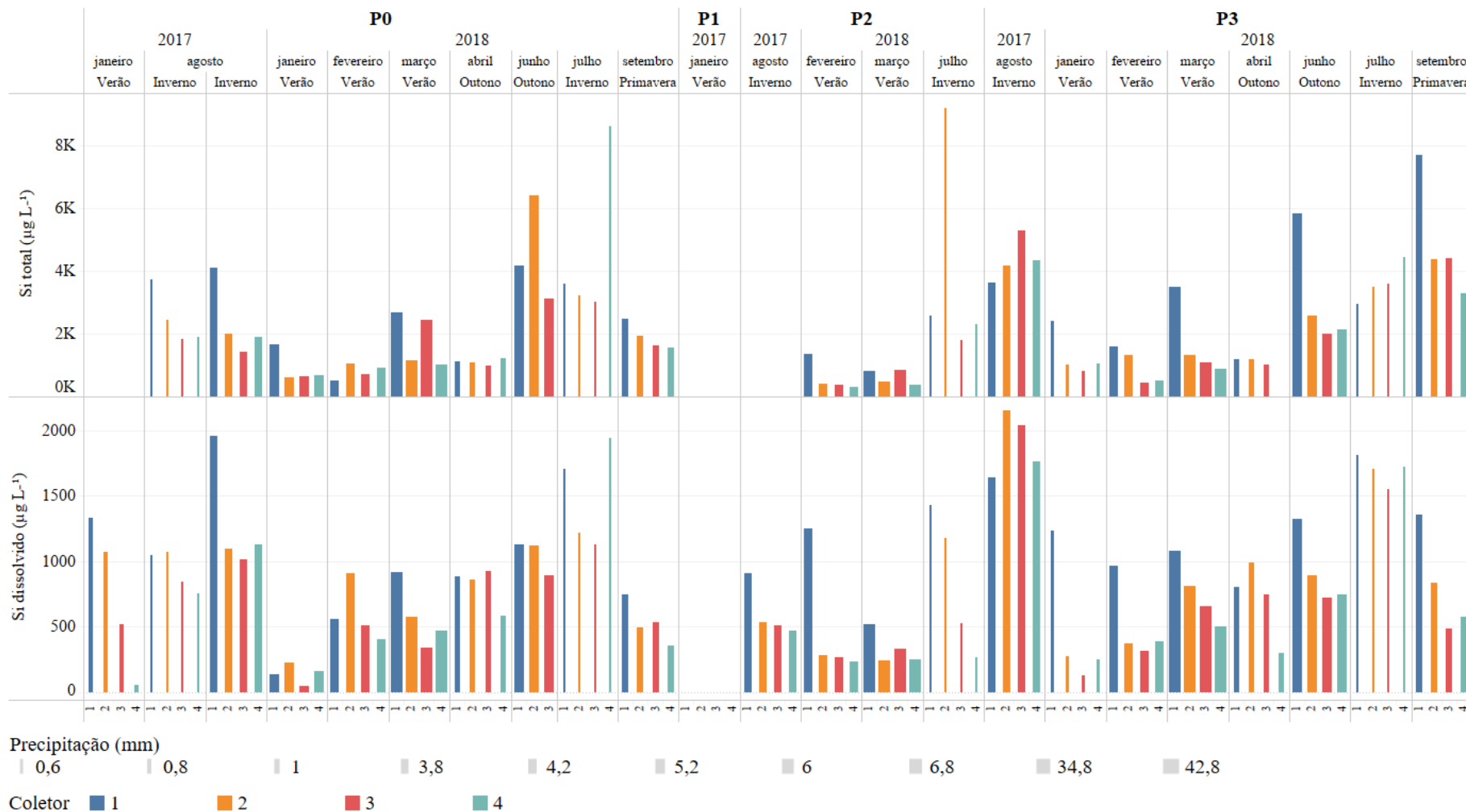


Figura 46 – Concentração de Magnésio (Mg) total nas águas de escoamento pluvial



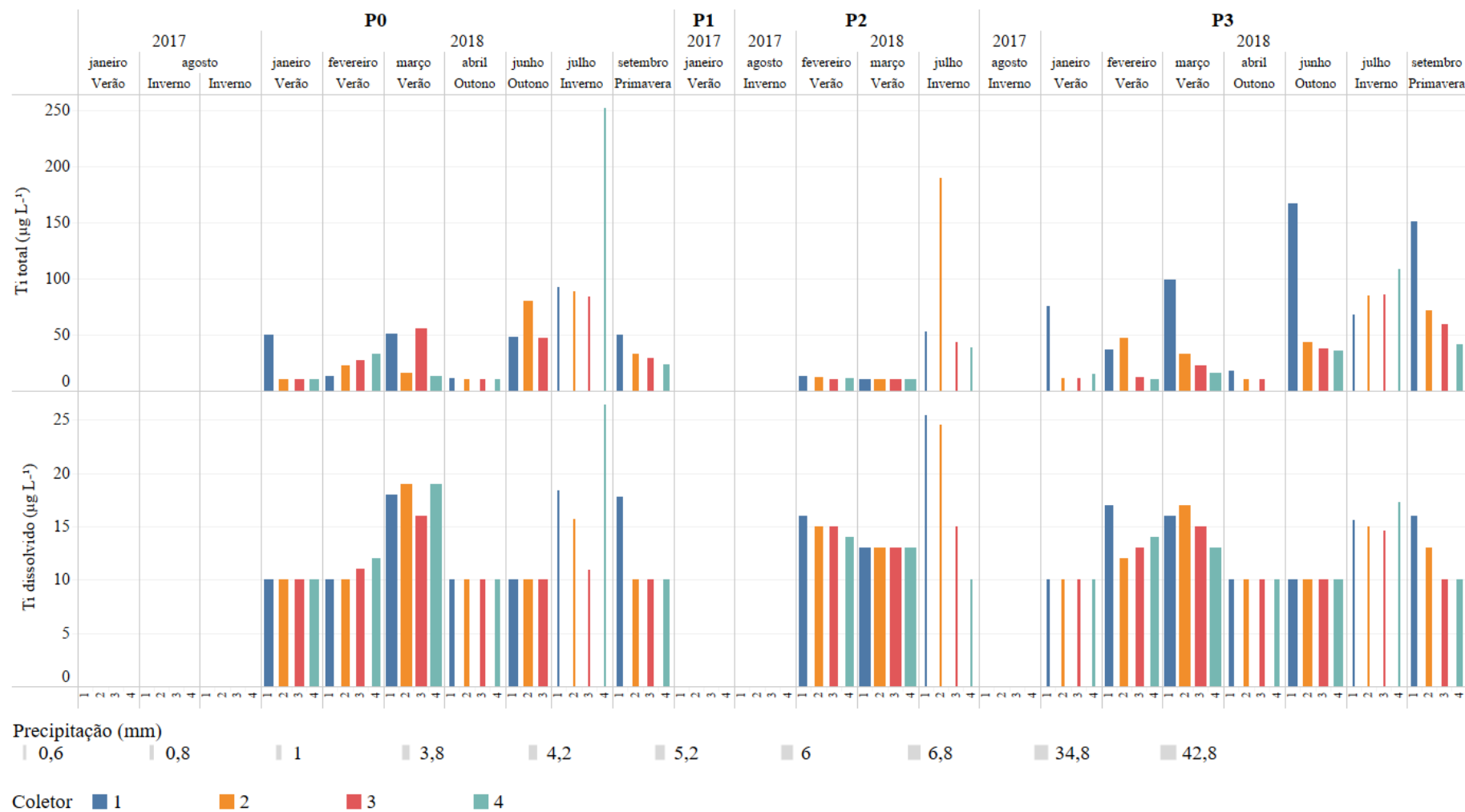
Fonte: Autor da tese

Figura 47 – Concentração de Silício (Si) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



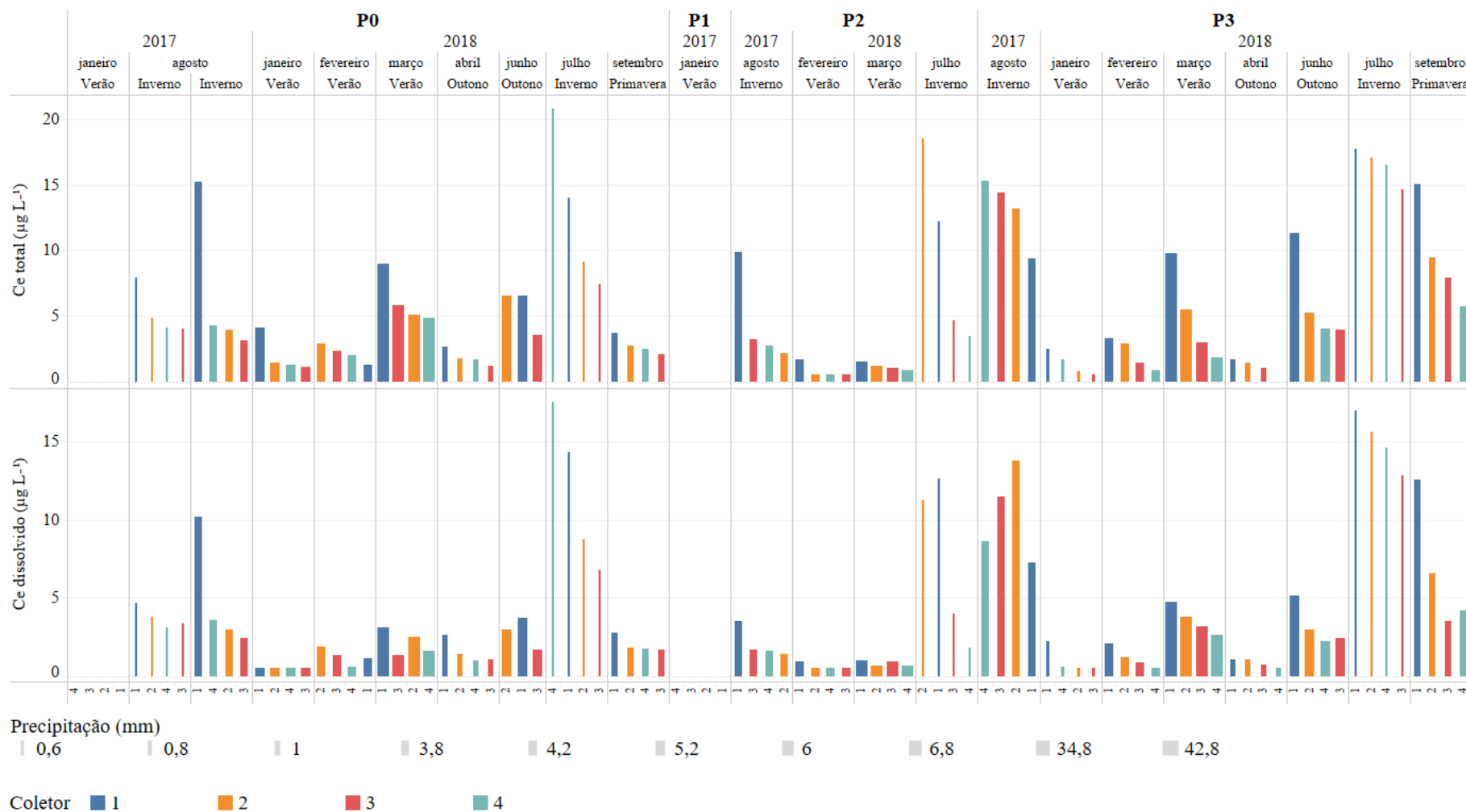
Fonte: Autor da tese

Figura 48 – Concentração de Titânio (Ti) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



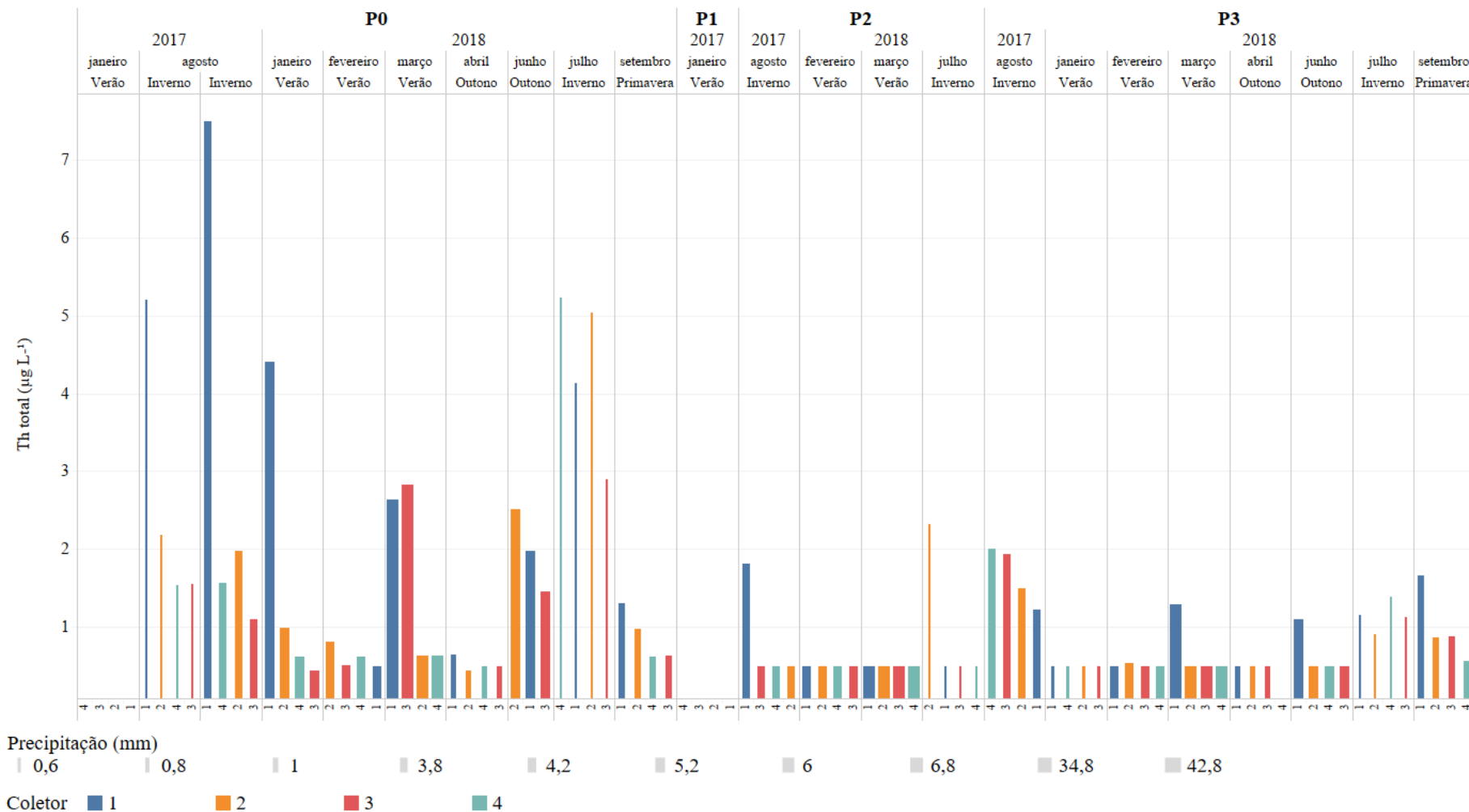
Fonte: Autor da tese

Figura 49 – Concentração de Cério (Ce) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



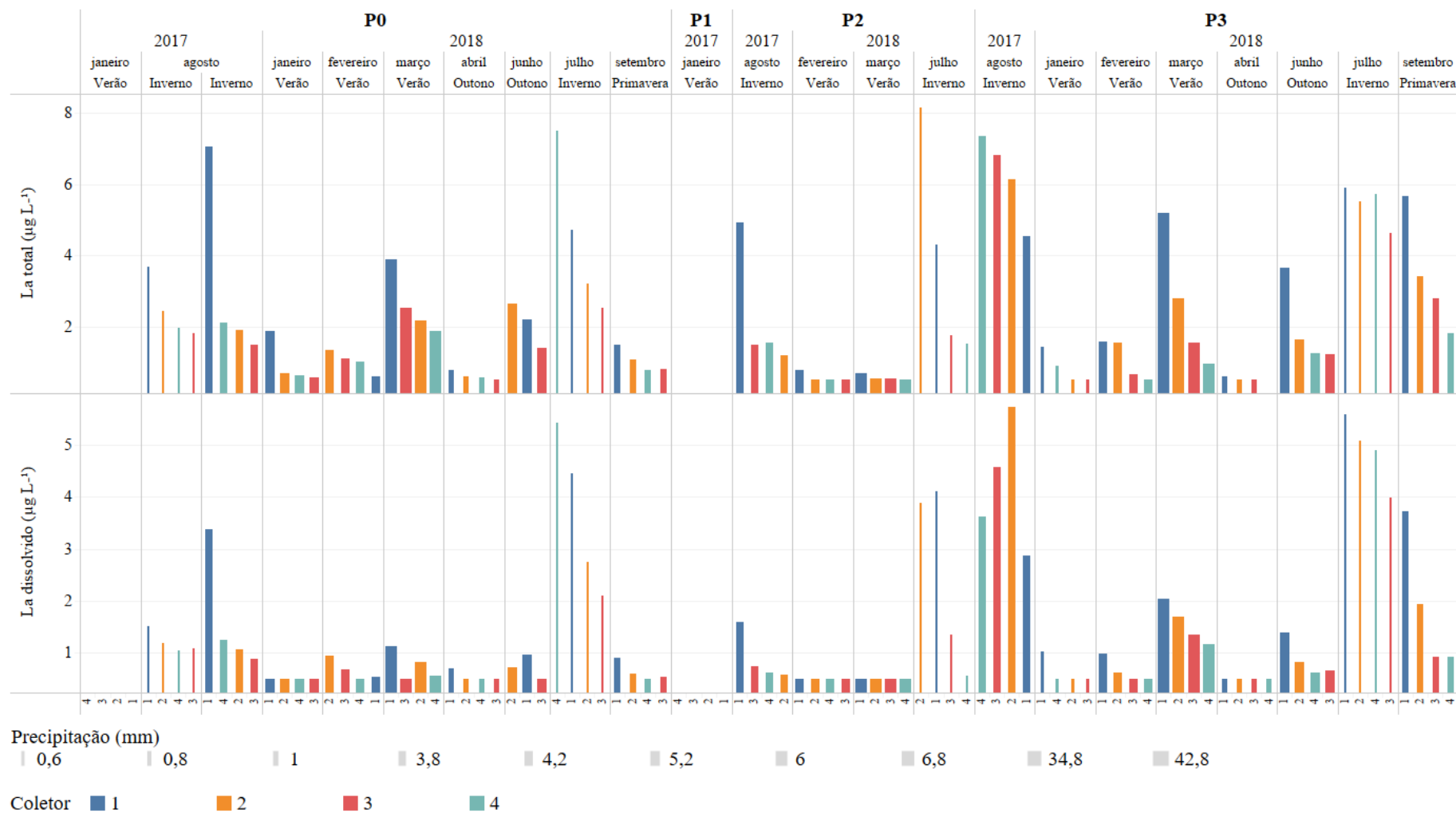
Fonte: Autor da tese

Figura 50 – Concentração de Tório (Th) total nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

Figura 51 – Concentração de Lantânio (La) total e dissolvido nas águas de escoamento pluvial



Fonte autor da tese

Os elementos cálcio (Figura 44), potássio (Figura 45), magnésio (Figura 46) silício (Figura 47) e titânio (Figura 48) são elementos que estão amplamente distribuídos no meio ambiente e devido a matéria orgânica presente no local de coleta da água de escoamento é normal a presença desses elementos.

O elemento cério (Figura 49) não ultrapassou a concentração de $20 \mu\text{g L}^{-1}$ nas águas coletadas de escoamento superficial. A razão da sua presença nesses tipos de água pode ser devido a sua ampla utilização com por exemplo catalizador, como pigmento em TVs de tela plana, lâmpadas de baixa energia e projetores.

O elemento índio não apresentou medidas de concentração acima do LQM, em todas as amostras coletadas no período.

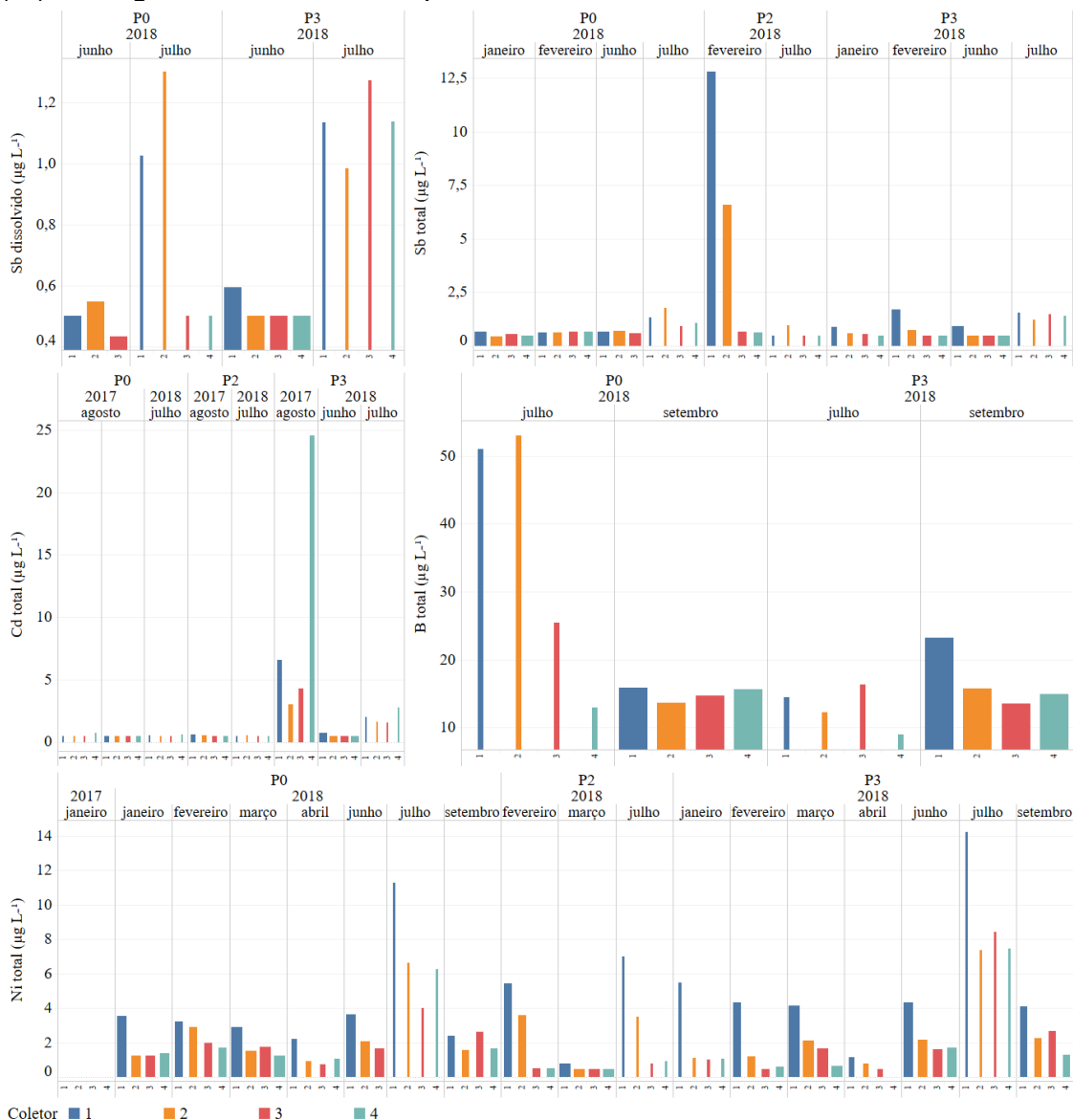
O elemento tório (Figura 50) na forma dissolvida não apresentou valores acima do LQM e na forma total obteve concentração entre 2 a $8 \mu\text{g L}^{-1}$ no ponto P0. Esse ponto de coleta é próximo ao setor de reprocessamento do ciclo de combustível (DURAZZO, 2020) e mesmo sendo cerca de três vezes mais abundante que o urânio e quase tão abundante quanto o chumbo, o tório apresentou concentrações mais baixas que esses dois elementos analisados na água de escoamento.

O elemento lantânio (Figura 51) não ultrapassou a concentração de $8 \mu\text{g L}^{-1}$ na forma total e na forma dissolvida não ultrapassou a concentração de $5 \mu\text{g L}^{-1}$. A presença desse elemento nas águas de escoamento superficial pode ser devido ao seu uso em catalisadores para refino de petróleo e nas baterias de carros híbridos, segundo a literatura no item 4.4.19.

Os elementos como cádmio, boro, níquel e antimônio apresentaram em sua maioria concentrações abaixo do LQM. As coletas que apresentaram valores de concentração acima do LQM podem ser observadas na Figura 52.

Observa-se que os elementos na Figura 52 apresentam concentrações abaixo das legislações Conama 357/05, 430/11 e 396/08.

Figura 52 – Concentração de antimônio (Sb), cádmio (Cd), boro (B) e níquel (Ni) nas águas de escoamento pluvial



Fonte: Autor da tese

As influências das condições meteorológicas foram observadas nos comportamentos dos metais. De modo geral, como mencionado no item 4.3 o ano de 2017 foi o ano mais favorável para a dispersão dos poluentes e isso foi evidenciado nos elementos analisados. No entanto, o ano de 2018 já mostrou um comportamento diferente dos três anos anteriores, no qual, se mostrou desfavorável para dispersão dos poluentes devido ao acúmulo de chuva do período, como mencionado no item 4.3

6.5.3 Análise Estatística Multivariada

Para a avaliação da grande quantidade de dados obtidas para avaliar a correlação entre as variáveis e identificar o comportamento na área analisada, foi aplicado a matriz de correlação, análise de fatores pelo método dos componentes principais (ACP) e análise de agrupamento.

Foram considerados as variáveis pH, temperatura, condutividade, OD, COT, ST, STF, STV, Zn, Pb, Al, Cd, Sb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Na, K, Mg, Ca, Sr, Mo, B, La, Ti, In, Ce, U, Th e Si.

6.5.3.1 Estatística básica

Os elementos quantificados e os parâmetros físico-químicos analisados foram submetidos a estatística descritiva para verificar os outliers. Após essa análise os parâmetros e elementos utilizados para a análise de correlação e conseqüentemente a análise de componentes principais foram pH, temperatura, condutividade OD, COT, ST, STF, STV, Zn, Pb, Al, Sb, Cu, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Na, K, Mg, Ca, Sr, La, Ti, U, Th, Ce e Si.

6.5.3.2 Análise de Correlação

Foi utilizada a matriz de correlação para verificar a existência de multivariabilidade dos dados das análises de água de escoamento superficial, ou seja, verificar quais os parâmetros possuem combinação linear entre si.

As variáveis que não apresentaram correlação $p > 0,5$ foram a precipitação, temperatura, Sb e Ti. No ANEXO , p.184, estão apresentados os dados de correlação obtidos.

6.5.3.3 *Análise Componentes Principais (ACP)*

Na Tabela 14 pode-se observar o resumo da estatística obtida pela análise de correlação, no qual são apresentados os autovalores obtidos para cada componente, depois da aplicação da matriz à rotação Varimax (valor do corte igual a 1), onde tem-se a fração explicada por cada componente e a porcentagem acumulada.

Tabela 14 – Análise dos Componentes Principais

Fator	Autovalor do componente	Variabilidade explicada pela componente %	Variabilidade total explicada %
1	19,68	37,85	37,85
2	8,61	16,56	54,41
3	7,29	14,02	68,42
4	3,70	7,12	75,55
5	2,60	5,01	80,55
6	1,68	3,23	83,79

Fonte: Autor da tese

Foram agrupadas as variáveis compostas por metais e elementos-traços, pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos (totais, fixos e voláteis), carbono orgânico total, ecotoxicidade, trajetória atmosférica e precipitação

A matriz de dados foi composta por 52 variáveis. 6 (seis) fatores foram identificados na análise como significativos, sendo que a porcentagem de variabilidade acumulada explicada é mais de 80%. Os 3 (três) primeiros componentes explicam 68,42% da variabilidade total.

No ANEXO , p.185, estão apresentados os componentes retidos e sua matriz de fatores para cada variável.

Para facilitar a interpretação da análise ACP, a Tabela 15 ressalta os elementos retidos em cada componente, bem como a importância de cada componente na explicação da variabilidade dos elementos na água de escoamento superficial.

Tabela 15 – Informações esquematizadas da ACP para os elementos em água de escoamento superficial

Fatores	Elementos Retidos	Variabilidade explicada (%)
Fator 1	Sr(D), Sr(T), Ca(D), Ca(T), Cu(D), condutividade (EC), COT, Cu(T), ST, K(T), Mg(T) e STV	39,39
Fator 2	La (T), La (D), Fe (T), ecotoxicidade, Cr (T)	16,56
Fator 3	Temperatura, Ti (D), Estação do ano	14,02
Fator 4	Ni (D), Zn (T), Pb (D), Ni (T), Zn (D), coletor	7,12
Fator 5	U (D), U (T)	5,01
Fator 6	Th (T)	3,23

(D) Forma Dissolvida / (T) Forma Total

Fonte: Autor da tese

Com as informações na Tabela 15 pode-se observar que o 1º e o 2º fator explicam aproximadamente 54% da variabilidade total nas amostras coletadas.

Observa-se que o fator 1 (Figura 53), explica 39,39% da variação do sistema. Para esse fator a temperatura e os coletores apresentaram uma correlação oposta a concentração dos metais. E as variáveis sólidos (totais, voláteis e fixos), condutividade elétrica (EC) e o carbono orgânico total (COT) apresentaram uma correlação direta com as concentrações de metais.

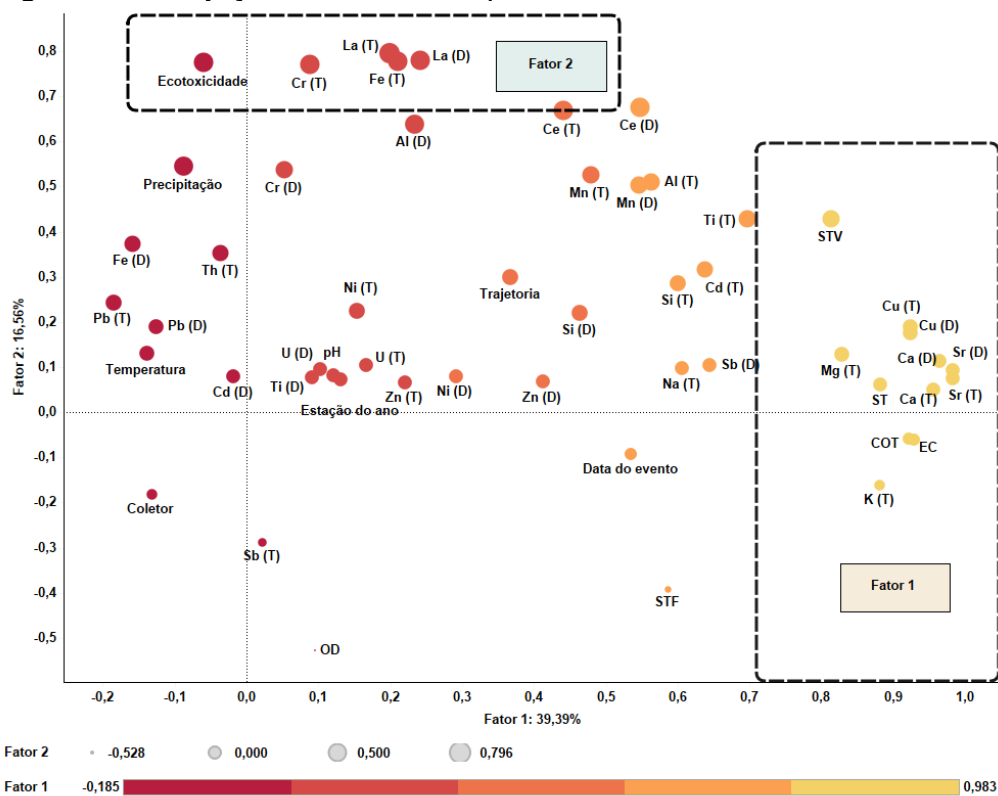
A variável “coletor”, que representa o comportamento do amostrador integrado e as quatro câmeras de coleta das amostras, demonstrou que é um fator importante no comportamento dos dados. Devido aos quatro coletores, que estão organizados em modo sequencial, mostra o fenômeno do primeiro fluxo, onde os parâmetros analisados nesse estudo, tendem a variar de concentração a cada coletor.

O Fator 2 agrupou variáveis composta de metais (La, Fe e Cr) e a variável ecotoxicidade, explicando 16,56% da variabilidade do sistema (Figura 53). Esses elementos agrupados possuem características semelhante às encontrados em catalisadores automotivos, pois, ferro e cromo podem ser um

dos aditivos para a fabricação dos catalisadores e para melhorar a estabilidade térmica é utilizado óxido de lantânio e óxido de cério (RANGEL e CARVALHO, 2003).

O teste de ecotoxicidade aguda com *Daphnia similis* está diretamente correlacionada aos elementos La, Fe e Cr. Esses elementos podem alterar a mobilidade desses organismos diretamente. Vale ressaltar que a concentração de até $3 \mu\text{g L}^{-1}$ Cr, em amostras líquidas, pode causar a imobilidade dos organismos de *Daphnia similis* (NONNO e MAGALHÃES, 2016).

Figura 53 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x2



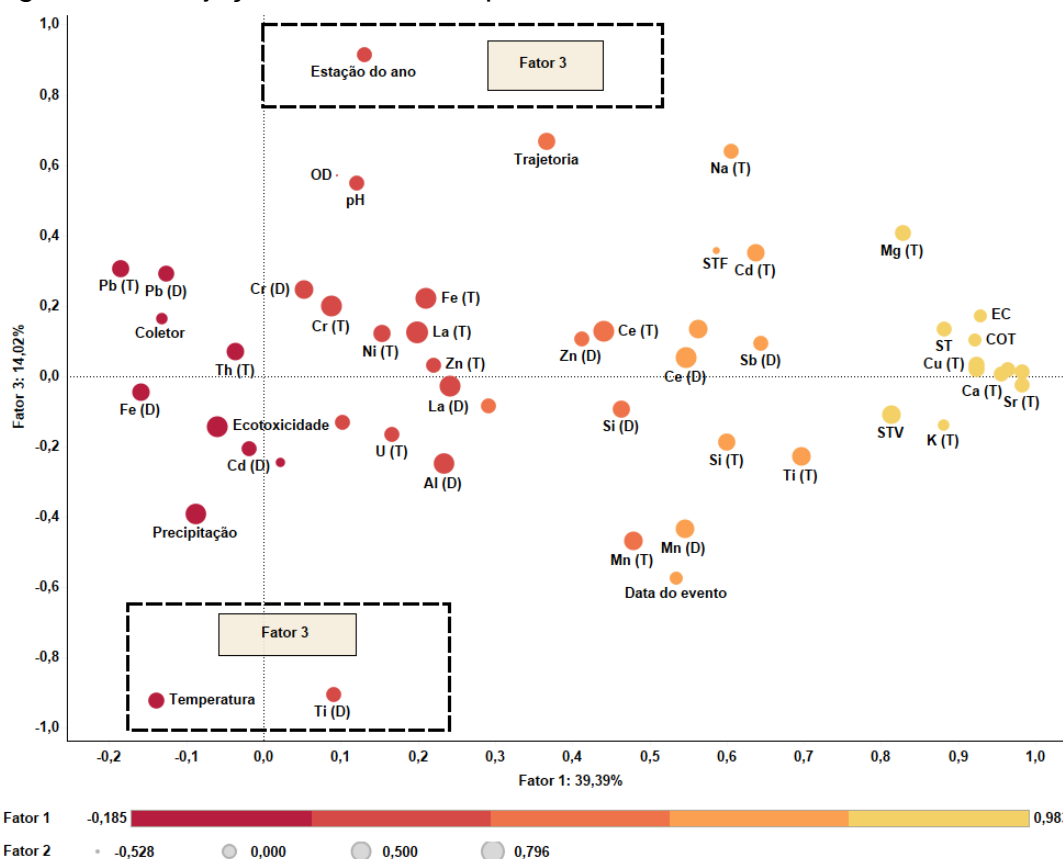
Fonte: Autor da tese

O fator 3, explica 14,02% da variabilidade total das amostras (Figura 54) e apresenta as variáveis estação do ano, temperatura e o elemento titânio na forma dissolvida.

A variável estação do ano está inversamente correlacionada com o elemento titânio e com a temperatura. Essa variável (estação do ano) pode influenciar no comportamento das outras variáveis presentes nesse estudo e

com essa análise é possível observar que a estação do ano pode influenciar diretamente a temperatura, devido as mudanças que é vista em cada estação (primavera, verão, outono e inverno) e o titânio, por ser o 9º elemento mais abundante no planeta Terra (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2020), é possível associar sua presença as características do solo da área de coleta.

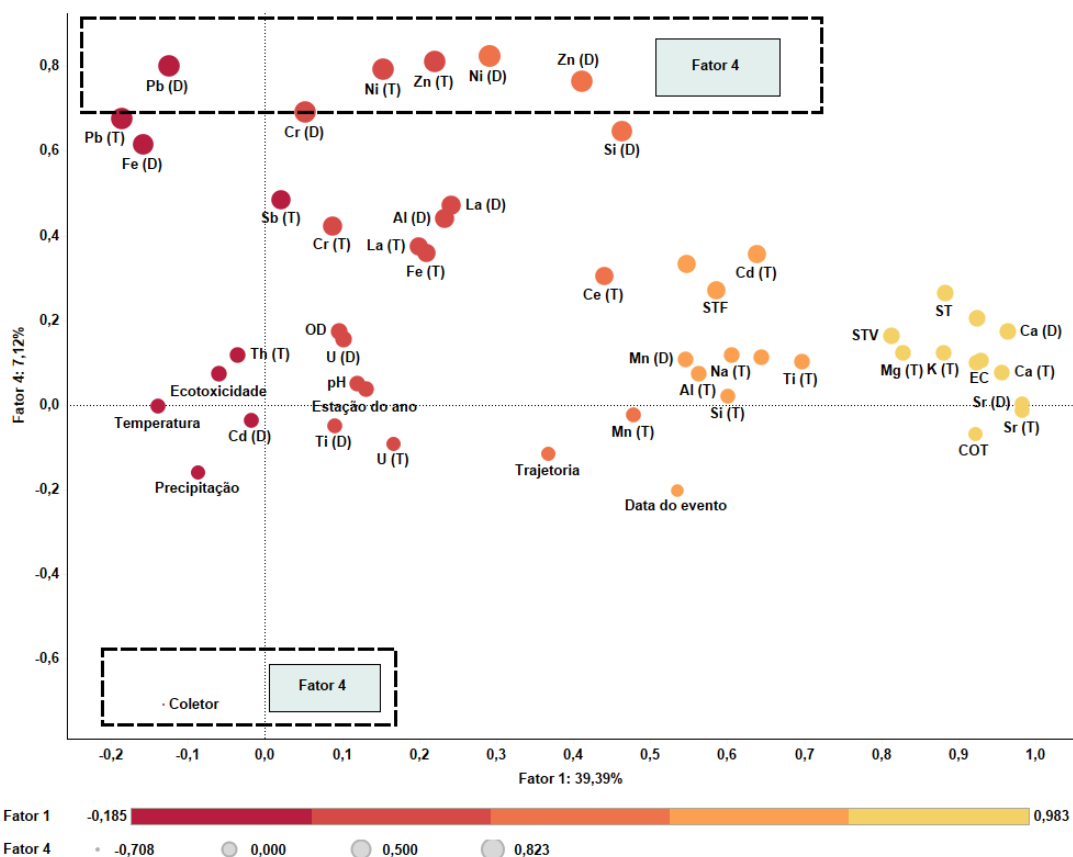
Figura 54 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x3



Fonte: Autor da tese

O fator 4 explica 7,12% da variabilidade do sistema (Figura 55) e correlaciona os elementos níquel (total e dissolvido), zinco (total e dissolvido) e chumbo (dissolvido). E essas variáveis estão inversamente proporcionais ao coletor (amostrador integrado). Essa correlação demonstra que para esses elementos o coletor influencia na concentração desses elementos. Ressaltando, que o coletor tem a função de mostrar o comportamento de diminuição das concentrações dos elementos, conforme as águas provenientes do escoamento escoam pelo coletor a tendência é diminuição da concentração.

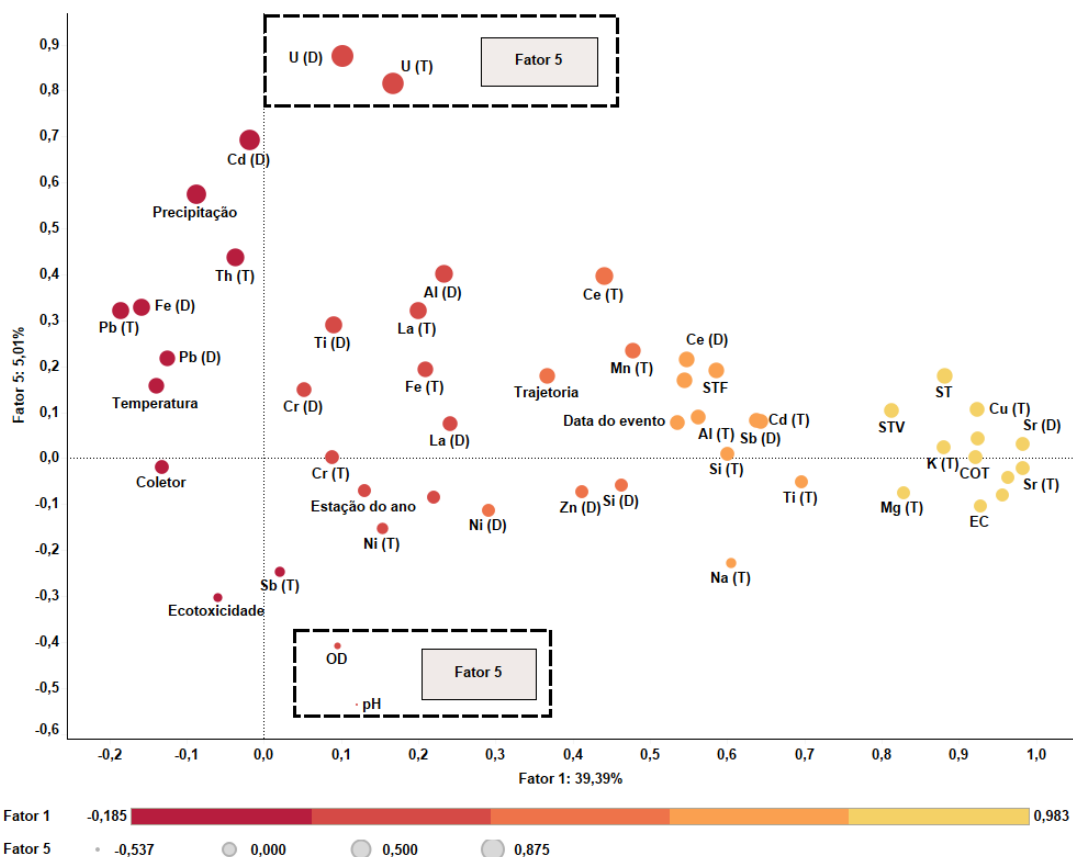
Figura 55 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x4



Fonte: Autor da tese.

O fator 5 explica 5,01% da variabilidade do sistema (Figura 56) e apresenta as variáveis o elemento urânio na forma total e dissolvida. Porém, as variáveis oxigênio dissolvido (OD) e o pH estão apresentados inversamente ao elemento urânio. Esse comportamento demonstra que o OD e o pH pode alterar na concentração desse elemento nas amostras de escoamento (DA SILVEIRA e BONOTTO, 1995).

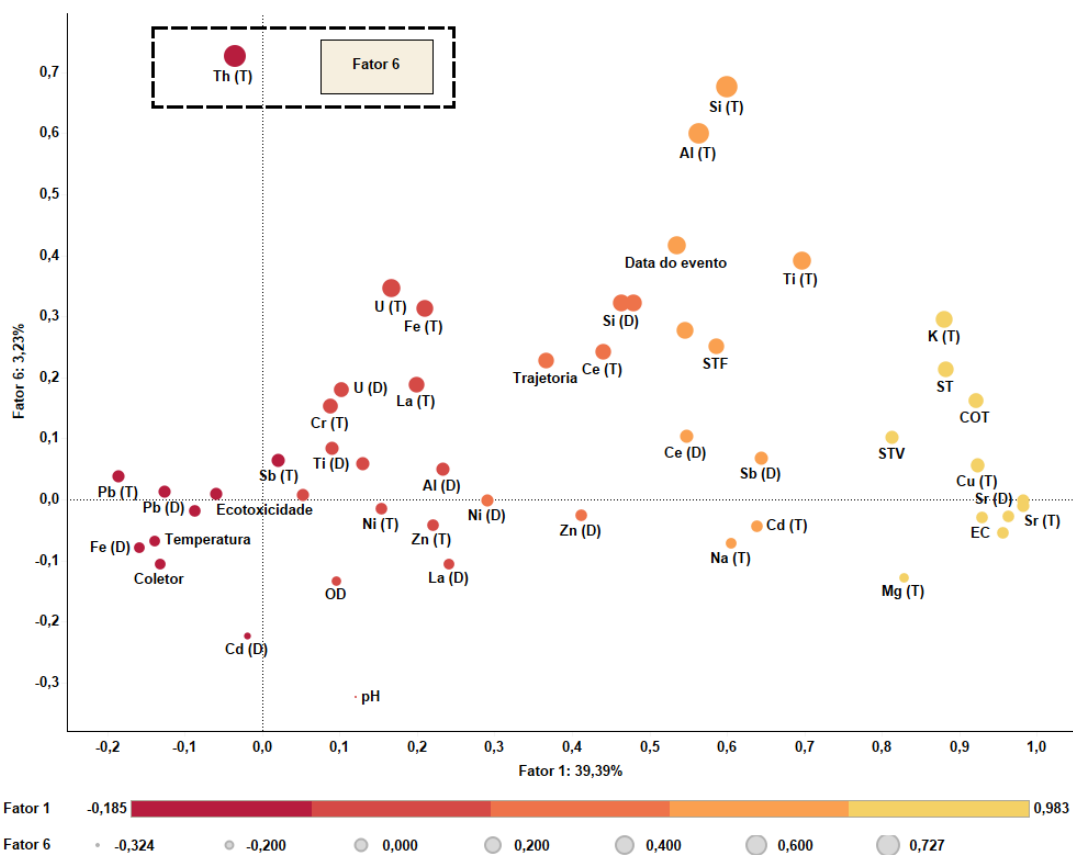
Figura 56 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x5



Fonte: Autor da tese

E o fator 6 explica 3,23% da variabilidade do sistema (Figura 57) e apresenta a variável Th total. Essa variável apresenta uma correlação inversa as demais variáveis analisadas. Pode-se observar que esse elemento é quase comum quanto ao chumbo, e possui características geoquímicas similares ao urânio (MOURA, 2019). Vale ressaltar, que é utilizado nas atividades do IPEN.

Figura 57 - Projeção das variáveis para os Fatores 1x6



Fonte: Autor da tese

7 CONCLUSÃO

O escoamento superficial urbano pode ter um efeito de deterioração no meio ambiente. Compreender a composição do escoamento de águas pluviais e os fatores de influência é importante para os programas de monitoramento ambiental.

O objetivo desta pesquisa foi a caracterização do escoamento superficial urbano, proveniente de água pluvial, quanto a natureza de multitraçadores da carga poluidora decorrentes da poluição difusa, em uma rede de drenagem urbana, possibilitando realizar um diagnóstico ambiental da área de estudo.

Os resultados obtidos permitiram estabelecer um banco de dados inéditos sobre a presença dos multitraçadores químicos em águas urbanas da RMSP. Mostrando uma visão integrada do escoamento superficial em uma área e malha viária urbanizada, próximo as marginais do Rio Pinheiros e com uma distribuição de área verde (campus IPEN, dentro do campus USP).

Com o perfil estabelecido dos parâmetros atuais de qualidade de água e escoamento superficial, foi possível a coleta de importantes informações na avaliação do impacto ambiental causado pela presença de contaminantes.

O estudo possibilitou conhecer o perfil temporal e espacial da qualidade das águas provenientes do escoamento superficial de águas pluviais na área urbana analisada, podendo ser extrapolada a centros urbanos com características semelhantes.

A área de coleta, das amostras de escoamento superficial urbano, tem uma superfície impermeável asfaltada que funciona como um fator de retenção de substâncias. Essas substâncias podem ser originárias de diversas fontes.

As fontes que constituem o escoamento podem ser influenciadas por condições ambientais e antropogênicas que são frequentemente difíceis de medir, pois é um processo complexo e contínuo de acúmulo e remoção das fontes.

Os resultados possibilitaram avaliar os possíveis multitraçadores presentes nesse tipo de amostra e solucionar as hipóteses do estudo.

Foi evidenciado o comportamento do fluxo dos poluentes, no qual, a lavagem realizada pelo escoamento superficial atua em um processo de diluição dos parâmetros estudados nesse estudo, demonstrando que esse processo de lavagem ocorre de forma temporal e espacial, no qual pode ocorrer variação de concentração que está altamente correlacionada com as condições ambientais.

Essa evidência foi coletada a partir da atuação do amostrador integrado, que coleta amostras de forma sequencial. Validando a utilização do amostrador e dos processos de coleta para identificar os parâmetros do fenômeno do primeiro fluxo (*first flush*).

Os elementos provenientes de terras raras (La, Ce, U e Th) estão presentes nas amostras coletadas, porém com concentrações abaixo de $20 \mu\text{g L}^{-1}$, nas primeiras amostras (coletor 1) coletadas no amostrador integrado. Conforme observados nos dados obtidos esses elementos demonstraram que com a lavagem da área, pelo escoamento, as concentrações tendem a diminuir, até chegar no corpo hídrico, não ocasionando impactos ambientais. E as análises estatísticas mostraram que esses elementos possuem uma atuação na área de estudo, devido as atividades realizadas no IPEN e pela presença de tráfego automotivo na região.

Sobre a produção e transporte de poluição nos períodos chuvoso e de seco, foi verificado que a quantidade de acúmulo dos poluentes químicos aumenta quando estão no período seco, pois os materiais são continuamente soprados dentro e fora da área asfaltada pelos veículos e ventos naturais, porém tendem a diminuição quando estão no período chuvoso, pois as constantes chuvas

fazem uma “limpeza” dos poluentes. A evidência está nos dados de teores de sólidos, condutividade, metais e COT analisados no estudo.

As direções das trajetórias atmosférica obtidas foram importantes para verificar a origem da direção dos ventos na área de coleta e com isso foi evidenciado que a região tem influência marítima vinda da região Leste-Nordeste a Sul-Sudeste e da região Noroeste. Com essas informações foi possível obter as influências dos ventos na contribuição dos possíveis multitraçadores analisados.

Com as análises estatísticas foi possível verificar o comportamento dos metais e elementos-traço quanto as variáveis independentes (data de coleta, pontos de coleta, estações do ano e a trajetória atmosférica) e dependentes (dados físico-químicos e ensaios ecotoxicológicos), no qual foi, principalmente, evidenciado que a temperatura, precipitação, trajetória atmosférica e os coletores influenciam diretamente nas concentrações dos elementos analisados.

Os testes ecotoxicológicos demonstraram que mesmo estatisticamente os dados obtidos não apresentam significância (não tóxico), foi possível identificar que o ponto 3 foi o local com cerca de 80% de organismos imóveis, no coletor 1. Com o auxílio da análise de componentes principais, foi identificado que o Fe, La e Cr podem ser um dos fatores para a contribuição da imobilidade desses organismos.

Os pontos selecionados mesmo sendo relativamente próximos, um do outro, por estarem na mesma região, eles possuem características distintas. Com os dados obtidos foi possível observar que o ponto P0 tem a influência das atividades do campus IPEN, o ponto P1 e P2 tem a influência da matéria orgânica e deposição atmosférica. E ponto P3 além das influências orgânicas e atmosféricas, tem a influência do tráfego de carros e de pedestres das avenidas próximas (Avenida Prof. Almeida Prado e da Marginal do Rio Pinheiros).

Desse modo, os estudos demonstram a importância dos fatores que afetam a qualidade do escoamento superficial, tais como são tráfego, precipitação, condições locais (clima e uso do solo) e características da rua

asfaltada. Além disso, esse estudo pode ser utilizado para subsidiar os Programas de Monitoramento Ambiental, realizados anualmente no campus do IPEN. E os elementos analisados não impactam o meio ambiente e mesmo os elementos que estavam acima da legislação, após a constante lavagem do local as concentrações tendem a diminuir.

Porém, vale sempre ressaltar que o constante monitoramento é imprescindível para manter e conservar as devidas condições ambiental de acordo com as legislações ambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10741. **NBR 10741 - Água - Determinação de Carbono orgânico total - Método da combustão infravermelho**. Rio de Janeiro. 1989.

ABNT NBR 12713. **Ecotoxicologia aquática — Toxicidade aguda — Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera)**. [S.l.]. 2016.

ALIAS, N. et al. Sectional analysis of the pollutant wash-off process based on runoff hydrograph. **Journal of Environmental Management**, 134, 15 Fevereiro 2014a. 63-69.

ALIAS, N. et al. Time as the critical factor in the investigation of the relationship between pollutant wash-off and rainfall characteristics. **Ecological Engineering**, Março 2014b. 301-305.

APH AWWA WPCF. **American Public Health Association American Water Works Association & Water Pollution Control Federation**. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Washington. 2017. Method 2540 B.

AZEVEDO, F. A. D.; CHASIN, A. A. D. M. (.). **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. RIMa. São Carlos: [s.n.]. 2003. p. 340.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 2002. ISBN 0-7167-3153-3.

BAPTISTA, D. F. et al. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 61, n. 2, p. 295-304, maio 2001.

BARCO, J.; PAPIRI, S.; STENSTROM, M. K. First flush in a combined sewer system. **Chemosphere**, 71, 2008. 827-833.

BECOUBE-LAREURE, C. et al. Source characterisation and loads of metals and pesticides in urban wet weather discharges, 13, 2015. 600–617.

BENEDETTI, S. **Avaliação do teor de carbono orgânico total na qualidade da água**: aplicação na radiofarmácia. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Dissertação de Mestrado), 2012. 209 p.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **LEI Nº 9.433 - POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**. Presidência da República. Brasília. 1997.

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - RESOLUÇÃO 357/2005. **Ministério do Meio Ambiente**, 17 Março 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 2012 Dezembro 15.

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - RESOLUÇÃO 396/2008. **Ministério do Meio Ambiente**, 7 abril 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 15 dezembro 2012.

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - RESOLUÇÃO 430/2011. **Ministério do Meio Ambiente**, 13 Maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 04 mar. 2013.

BRASIL. Ciclo Hidrológico. **Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico**, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 20 Dezembro 2017.

BRASIL. **LEI Nº 13.501 - Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos**. Presidência da República. Brasília. 2017.

BRASIL. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5**. [S.I.]: Ministério da Saúde, 2017.

BRASIL, F. N. D. S. M. D. S. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS, Brasília, 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_controle_qualidade_agua_tecnicos_trabalham_ETAS.pdf>.

BRASIL, M. D. M. A. CONDUTIVIDADE (Convênio SRH/MMA/EMBRAPA/BIRD n. 475/98). **Embrapa Meio Ambiente**, 2001. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>>. Acesso em: 23 Janeiro 2020.

BRENTANO, D. M. **Desenvolvimento e aplicação do teste de toxicidade crônica com Daphnia magna**: avaliação de efluentes tratados de um aterro sanitário. Florianópolis: Univeridade Federal de Santa Catarina (Dissertação - Mestrado), 2006.

BUIKEMA, A. L. J. et al. **in Energy anda Enviromental Stress in Aquatic System**. U.S. Department of Energy. Washington: J. H. Thorp and J. W. Gibbons. 1978. p. 809-825.

BURTON JR, G. ; PITT, R. **Stormwater effects handbook**: a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers. Florida: CRC Press LLC, 2002.

BURTON JR, G. A. et al. Sediment toxicity testing: issues and methods. In: HOFFMAN, D. J., et al. **Handbook of Ecotoxicology**. Second Edition. ed. [S.l.]: CRC Press, 2002. p. 135-174.

CAIRNS JR, J.; NIEDERLEHNER, B. R. **Ecological toxicity testing**: scale, complexity, and relevance. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2^o. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CANTERAS, F. B.; OLIVEIRA, B. F. ; MOREIRA, S. Topsoil pollution in highway medians in the State of São Paulo (Brazil): determination of potentially toxic elements using synchrotron radiation total reflection X-ray fluorescence. **Environmental Science and Pollution Research**, 20 maio 2019.

CENTRO DE INFORMAÇÃO METAL MECÂNICA. Sulfato de alumínio: eficaz e barato para tratar água. **CIMM - Centro de Informação Metal Mecânica**, 02

Dezembro 2008. Disponível em:
<http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/4592-sulfato-de-aluminio-eficaz-e-barato-para-tratar-agua>. Acesso em: 21 Julho 2015.

CHEN, X. et al. Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 181, p. 640–646, set. 2010.

CNI, C. N. D. I. **A indústria e o Brasil: Saneamento: desafios para expansão dos investimentos**. Brasília: [s.n.], 2011. 48 p.

COELHO, G. F. et al. Removal of metal ions Cd (II), Pb (II), and Cr (III) from water by the cashew nut shell *Anacardium occidentale* L. **Ecological Engineering**, 2014. Disponível em: <[ww-sciencedirect.com.ez69.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S092585741400514X](http://www.sciencedirect.com.ez69.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S092585741400514X)>. Acesso em: 19 Maio 2015.

COLLINS, K. A. et al. Opportunities and challenges for managing nitrogen in urban stormwater: A review and synthesis. **Ecological Engineering**, 24 Março 2010. 1507-1519.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo, p. 44. 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, São Paulo, p. 43, 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT - Ficha de Informação Toxicológica - Alumínio**. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde ambiental. São Paulo, p. 3. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017 [recurso eletrônico]. **Série Relatórios / CETESB**, 2018 (a). ISSN ISBN 978-85-9467-062-5. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 15 october 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2017**. Governo do Estado de São Paulo | Secretaria do Meio Ambiente | CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 15;64-68. 2018 (b).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ficha de Informação Toxicológica - Crômio e seus compostos. **CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, Janeiro 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2019/06/Cr%C3%B4mio.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. FIT - Ficha de Informação Toxicológica. **Antimônio**, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2018/06/Antimonioo.pdf>>. Acesso em: 14 janeiro 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. FIT - Ficha de informação toxicológica - Cádmiio. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo**, Janeiro 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2018/05/C%C3%A1dmio.pdf>>. Acesso em: 15 abril 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. FIT - Ficha de Informação Toxicológica - Manganês. **Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo**, Janeiro 2018. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Mangan%C3%AAs.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. FIT - Ficha de Informação Toxicológica - Níquel e seus compostos. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, dez 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2019/01/N%C3%ADquel.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. FIT - Ficha de Informação Toxicológica - Potássio. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, Julho 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2018/06/Potassioo.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018 [recurso eletrônico]. **Série Relatórios / CETESB**, 2019 (a). Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 15 october 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2018**. CETESB - Companhia Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 66-70. 2019 (b). (978-85-9467-072-4).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Poluentes. **Qualidade do Ar | Cetesb**, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 03 set 2020.

CORNELIS, R. et al. **Handbook of Elemental Speciation II - Species i the Environment, Food, Medicine and Occupational Health**. West Sussex: Wiley, 2005.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quim. Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, setembro 2008.

COTRIM, M. E. B. **Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento Público**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2006.

DA SILVEIRA, E. G.; BONOTTO, D. M. COMPORTAMENTO HÍDROGEOQUÍMICO DOS ISÓTOPOS DE URÂNIO EM ÁGUAS DE LINDÓIA (SP), BRASIL. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 3, p. 165-72, set 1995.

DE MOLNARY, L. **Análise dos Dados Meteorológicos de Precipitação no IPEN - Períodos Específicos solicitados pelo CQMA**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, p. 32. 2018. IPEN-CEN-PSE-CQMA-001-00. INFT-001-00.

DELETIC, A. **The First Flush Load of Urban Surface Runoff**. [S.l.], p. 2462 - 2470. 1988.

DELETIC, A. B.; MAKSIMOVIC, C. T. **Evaluation of Water Quality Factors in Storm Runoff from Paved Areas**. [S.l.]. 1998.

DIERBERG, F. E.; DEBUSK, T. A. Particulate phosphorus transformations in south Florida stormwater treatment areas used for Everglades protection. **Ecological Engineering**, 34, 2 Setembro 2008. 100-115.

DO CANTO, E. L. **Minerais, minérios, metais - De onde vêm?, Para onde vão?** São Paulo: Moderna, 2006. ISBN 8516014118.

DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. **Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos**. 1. ed. São Carlos: Editora Rima, 2006. 153-184 p.

DURAZZO, M. História do Combustível Nuclear no IPEN. **Centro de Pesquisa - Centro do Combustível Nuclear**, 2020. Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=549>. Acesso em: 05 mar. 2020.

DUTRA, R.; SMIDERLE, G. Entenda as unidades de medida de chuvas e cheias. **Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, 04 janeiro 2012. Disponível em: <<http://uenfciencia.blogspot.com/2012/01/entenda-as-unidades-de-medida-de-chuvas.html>>. Acesso em: 02 agosto 2018.

EUROPE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE WFD. DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. **THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION**, 23 Outubro 2000. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF>. Acesso em: 01 Agosto 2018.

FAUSTINO, M. G. **Desenvolvimento e Validação de Metodologia para Determinação de Metais em Amostras de Água por Espectrometria de Emissão Óptica com plasma de Argônio (ICP-OES)**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Dissertação de Mestrado), 2016.

FIGUEIREDO, A. M. G. et al. Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of São Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor. **Environmental Pollution**, v. 145, p. 279 - 292, 2007.

FUGA, A. **Uso de Líquens Epifíticos no Biomonitoramento da Poluição Atmosférica da Região Metropolitana de São Paulo**. IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, p. 127. 2006.

GARCIA, S. C.; GIODA, A.; NASCIMENTO, D. B. D. O PROBLEMA DA CONTAMINAÇÃO NA DETERMINAÇÃO DE TRAÇOS DE ALUMÍNIO. **SciELO**, Santa Maria, 1996. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v20n4/4966.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2020.

GREGÓRIO, ; ZUFFO, A. C. Parâmetros utilizados para determinação do índice de poluição difusa (IQApd) utilizando o método da teoria dos jogos cooperativos. **Revista DAE**, São Paulo, v. 68, n. 224, p. 34-53, jul a set 2018.

GULLIVER, J. S.; ERICKSON, A. J.; WEISS, P. T. Analysis of individual storm events. **Stormwater Treatment: Assessment and Maintenance**, 2010. Disponível em: <<http://stormwaterbook.safl.umn.edu/pollutant-removal/analysis-individual-storm-events>>. Acesso em: 08 mar. 2020.

HARRIS, D. C. **Quantitative Chemical Analysis**. New York: W. H. Freeman and Company, 2007. 338-339 p.

HEIDER, M. Urânio. **DNPM**, 2017. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/2-3-uranio>>. Acesso em: 27 maio 2020.

HILLIGES, R. et al. **Characterization of road runoff with regard to seasonal variations, particle size distribution and the correlation of fine particles and pollutants**. [S.l.], p. 169 - 176. 2017.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. D. O. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**, v. 1, n. 5, 2015. ISSN 2358-5390.

HOUSE, J. E. **Inorganic Chemistry**. Canada: Elsevier, 2008. ISBN 9780123567864.

HUBER, M.; WELKER, A.; HELMREICH, B. Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: occurrence influencing factors and partitioning. **Science of the Total Environment**, n. 541, 2016. 895–919.

HYSPLIT. Air Resources Laboratory. **NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System**, 04 dezembro 2019. Disponível em: <<https://www.ready.noaa.gov/READYtransp.php>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

ICZ, INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS. O Zinco e o Meio Ambiente. **Instituto de Metais Não Ferrosos**, 2018. Disponível em: <<http://www.icz.org.br/zinco-meio-ambiente.php>>. Acesso em: 16 agosto 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados Históricos. **INMET**, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

JESUS, C. A. G. D. Zinco - Balanço Mineral Brasileiro 2001. **Agência Nacional de Mineração**, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-zinco>>. Acesso em: 16 agosto 2018.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Raton: CRC Press, 2010. 548 p.

KACZALAA, F. et al. Stormwater run-off from an industrial log yard: characterization, contaminant correlation and first-flush phenomenon. **Environmental Technology**, v. 33, n. 14, p. 1615-1628, jul. 2012.

LIU, A.; GOONETILLEKE, A.; EGODAWATTA, P. Taxonomy for rainfall events based on pollutant wash-off potential in urban areas. **Ecological Engineering**, 2012.

LUOMA, S. N. Silver nanotechnologies and the environment: old problems or new challenges? Washington, D.C.: Project on Emerging Nanotechnologies (PEN 15), 2008. p. 72p.

MARTINS, T. S.; HEWER, T. L. R.; FREIRE, S. Cério: Propriedades catalíticas, aplicações tecnológicas e ambientais. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, 2007. ISSN 1678-7064.

MAZIERO, J. D. S. **Avaliação da toxicidade de nanopartículas de prata em microcrustáceos aquáticos e em embriões de Danio rerio**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares / Universidade de São Paulo. São Paulo. 2019.

MAZIERO, J. D. S.; ROGERO, S. O.; ALEMANY, A. Estudo ecotoxicológico da nanopartícula de prata em *Daphnia similis*. **J Health Sci Inst**, n. 34, p. 133-139, 2016.

MEDEIROS, M. D. A. Elemento Químico - Ferro. **Quimica Nova**, 12 Março 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_3/11-EQ-6809.pdf>. Acesso em: 25 Dezembro 2014.

MONTEZANI, E. **Estudo sobre a composição elementar nas amostras de líquen epifítico utilizado como bioindicador da poluição aérea na cidade de São Paulo**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). São Paulo. 2010.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. 8^o. ed. São Paulo: Saraiva, v. II, 2013.

MORTATTI, J.; PROBST, J.-L. **Characteristics of heavy metals and their evaluation in suspended sediments from Piracicaba river basin (São Paulo, Brazil)**. São Paulo, p. 375-379. 2010.

MOURA, R. R. D. **Estudo de biomonitor para urânio e tório aplicado a análise por ativação neutrônica no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear [recurso eletrônico]**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 208. 2019.

MURPHY, L. U.; O'SULLIVAN, A.; COCHRANE, T. A. Quantifying the spatial variability of airborne pollutants. **Water, Air, and Soil Pollution**, 2014.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. Material Details | SRM 1643f - Trace Elements in Water. **Standard Reference Materials | SRM Online System**, 2020. Disponível em: <https://www-s.nist.gov/srmors/view_detail.cfm?srm=1643F>. Acesso em: 05 março 2021.

NONNO, C. A. D.; MAGALHÃES, D. D. P. Comparação da toxicidade de espécies metálicas do Cromo (III e VI), através de testes ecotoxicológicos com organismos aquáticos. **Revista BioUSU**, v. 2, p. 13-26, 2016.

NORDBERG, G. F. et al. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 3ª. ed. California: Elsevier B.V., 2007.

OLIVEIRA, A. S. D. Documentos / CCA 035 - Meteorologia e Climatologia Agrícola / Cap_11_PrecPluv. **FUNDAMENTOS DE METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA**, 2001. Disponível em: <<https://www.ufrb.edu.br/neas/documento/category/8-cca-035-meteorologia-e-climatologia-agricola>>. Acesso em: 29 junho 2020.

OPHER, T.; FRIEDLER, E. Factors affecting highway runoff quality. **Urban Water Journal**, n. 7, p. 155-172, 2010. ISSN 10.1080/15730621003782339.

PAZ, M. F.; GASTALDINI, M. D. C. C.; JORGE, M. P. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA BACIA ALTO DA COLINA. **XI SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2004.

PEIXOTO, E. M. A. Elemento Químico - Sódio. **Química Nova na Escola**, Novembro 1999.

PEIXOTO, E. M. A. Elemento Químico - Alumínio. **Química Nova na Escola**, Maio 2001.

PEIXOTO, M. A. Elemento Químico - Magnésio. **Química Nova na Escola**, Novembro 2000.

PEIXOTO, M. A. Elemento Químico - Cálcio. **Química Nova na Escola**, Novembro 2004.

PIRES, M. A. F. P.; COTRIM, M. E. B.; SOUSA, W. H. **Relatório Anual de Gestão Ambiental do IPEN**. São Paulo. 2017.

PIRES, M. A. F.; COTRIM, M. E. B.; SOUSA, W. H. **Relatório anual de gestão ambiental**. IPEN/CNEN-SP. São Paulo. 2016.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo: ABES, 2005.

PLAA, G. L. Present status: toxic substances in the environment. **Canadian Journal of physiology and Pharmacology**, v. 60, n. 7, p. 1010-1016, 1982.

PULLES, et al. Emission factors for heavy metals from diesel and petrol used in European vehicles. **Atmospheric Environment**, v. 61, p. 641-651, Dez 2012.

RAMÍREZ, et al. Hazardous thoracic and ultrafine particles from road dust in a Caribbean industrial city. **Urban Climate**, v. 33, 9 abril 2020.

RANGEL, M. D. C.; CARVALHO, M. F. A. Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 13, 2003.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: Manole. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

REIS, E. A.; REIS, I. A. Análise Descritiva de Dados. **Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Exatas - Departamento de Estatística**, 2002. Disponível em: <<http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/rte0202.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

RIGHETTO, A. M. **Projeto Prosab 5 - Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf>. Acesso em: 07 FEV 2020.

ROCHA, R. R. **Avaliação da Poluição Atmosférica de Elementos Químicos pela Análise de Líquen Epifítico no Campus da Cidade Universitária de São Paulo**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) | Universidade de São Paulo. São Paulo. 2015.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Elemento Químico - Cobre. **Química Nova na Escola**, 34, Agosto 2012.

ROSE-KOGA, E. F. et al. Boron isotopic composition of atmospheric precipitations and liquid–vapour fractionations. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 10, n. 7, p. 1603-1615, 1 abril 2006.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Cerium. **Royal Society of Chemistry**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/58/cerium>>. Acesso em: 27 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Indium. **Period table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/49/indium>>. Acesso em: 26 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Lanthanum. **Period table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/57/lanthanum>>. Acesso em: 26 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Molybdenum. **Periodic Table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/42/molybdenum>>. Acesso em: 26 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Silicon. **Periodic Table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/14/silicon>>. Acesso em: 2020 junho 25.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Strontium. **Royal Society of Chemistry - Periodic table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/38/strontium>>. Acesso em: 26 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Thorium. **Periodic table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/90/thorium>>. Acesso em: 27 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Titanium. **Period table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/22/titanium>>. Acesso em: 26 maio 2020.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Uranium. **Periodic table**, 2020. Disponível em: <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/92/uranium>>. Acesso em: 27 maio 2020.

SAIKI, M. et al. Biomonitoring of the atmospheric pollution using lichens in the metropolitan area of São Paulo city, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 271, p. 213-219, jan 2007.

SANTOS, C. F. R. T. T. **Análise de significância e caracterização de fontes estacionárias individualizadas visando o monitoramento atmosférico não radiológico no campus IPEN/CNEN-SP**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares / Universidade de São Paulo, (IPEN-CNEN/USP). São Paulo. 2017.

SCHAUER, J. et al. **Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles**. Research Report 133. Health Effects Institute. Boston. 2006.

SCHUMACHER, B. A. **METHODS FOR THE DETERMINATION OF TOTAL ORGANIC CARBON (TOC) IN SOILS AND SEDIMENTS**. Las Vegas: US. Environmental Protection Agency, 2002. 1-25 p.

SILVA, T. B. S. C. et al. **ESTIMATED POLLUTANT LOAD FROM NUCLEAR AND ENERGY RESEARCH INSTITUTE (IPEN/CNEN-SP, BRAZIL)**. 2019 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2019. Santos/SP: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR – ABEN. 2019.

SOUZA, W. M. D.; AZEVEDO, V. D.; ARAÚJO, E. D. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 02, p. 250-268, abril 2012.

STELLATO, T. B. **Avaliação da qualidade da água superficial e subterrânea da área de instalação do futuro Reator Multipropósito Brasileiro - RMB, como uma ferramenta para a obtenção da licença de instalação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Dissertação de Mestrado), 2018.

STENSTROM, M. K.; KAYHANIAN, M. **First Flush Phenomenon Characterization**. California Department of Transportation Division of Environmental Analysis. Sacramento, CA, p. 81. 2005.

TELLES, D. D. **Ciclo Ambiental da Água: da chuva á gestão**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2013. ISBN 978-85-212-0694-1.

TRUHAUT, R. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 1, n. 2, p. 151-173, 1977.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Industrial Stormwater Monitoring and Sampling Guide Final Draft**. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP). Washington, p. 51. 2009.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, U. Runoff (surface water runoff). **U.S. Geological Survey**, 02 Dezembro 2016. Disponível em: <<https://water.usgs.gov/edu/runoff.html>>. Acesso em: 20 Dezembro 2017.

US GEOLOGICAL SURVEY. Runoff (surface water runoff). **U.S. Geological Survey**, 02 Dezembro 2016. Disponível em: <<https://water.usgs.gov/edu/runoff.html>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

VALTANEN, M.; SILLANPÄÄ, N.; SETÄLÄ, H. Key factors affecting urban runoff pollution under cold climatic conditions. **Journal of Hydrology**, n. 529, 2015. 1578–1589.

VIEIRA, ; CARDOSO, S. N. M. **AVALIAÇÃO DO DESGASTE DAS BARRAS DE CONTROLE POR ANÁLISE DA PRATA-110M**. INAC - International Nuclear Atlantic Conference. [S.l.]: [s.n.]. 1997. p. 3.

VIEIRA, M. C. R. **Absorção de metais pesados nas partículas em suspensão nas águas naturais. Influência das características físico-químicas das superfícies.** Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia. Porto. 2000. Tese.

WAL, R. **Prata nanoparticulada: avaliação das potencialidades de aplicação e dos riscos associados na desinfecção de água em comparação com sistemas convencionais de cloração.** São Paulo, p. 133. 2010.

WANG, Y.-F. et al. Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine. **Atmospheric Environment**, n. 37, 2003. 4637–4643.

WESTERLUND, C.; VIKLANDER, M. Particles and associated metals in road runoff during snowmelt and rainfall. **Science of the Total Environment**, n. 362, 2006. 143 - 156.

WHATELY, M.; CUNHA, P. M. Seminário Guarapiranga: Proposição de ações prioritárias para garantir água de boa qualidade para abastecimento. **Biblioteca Digital Brasileira de Organizações da Sociedade Civil**, São Paulo, 2006. ISSN 85-85994-41-X. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/handle/11465/1199>>. Acesso em: 08 mar. 2020.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática - princípios e aplicações.** Rima. [S.l.]: [s.n.]. 2006. p. 478.

ZHANG, W.; LI, T.; DAI, M. Ecological Engineering. **Influence of rainfall characteristics on pollutant wash-off for road catchments in urban Shanghai**, 5 Abril 2015. 302-106.


ANEXO A

Tabela 16 – Média dos valores brutos de concentração dos principais elementos analisados no estudo e o limite de quantificação do método (LQM) dos brancos de lavagem dos coletores dos três coletores utilizados

	Al	Fe	Mn	Cr	Ni	Zn	Cu	Sr	Ca	Mg	Na	K	Mo	U
LQM (mg L⁻¹)	0,01	0,1	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,5	0,1	0,5	0,5	0,01	0,05
Branco Lavagem Coletor 1	<-0,01	0,039	0,001	0,006	0,015	0,014	0,085	<-0,004	0,103	0,006	0,146	0,094	0,001	-0,101
Branco Lavagem Coletor 2	<-0,037	0,025	0,001	0,006	0,015	0,011	0,061	<-0,004	0,086	0	0,127	0,09	0,001	-0,07
Branco Lavagem Coletor 3	<-0,034	0,037	0,001	0,007	0,016	0,01	0,061	<-0,004	0,079	0,01	0,144	0,091	0,001	-0,063
Branco Lavagem Coletor 4	< -0,043	0,039	0,001	0,006	0,015	0,004	0,061	< -0,004	0,026	0	0,127	0,084	0,001	< - 0,072

ANEXO B

Figura 58: Certificado Padrão Material de Referência 1643f da NIST (National Institute of Standards & Technology)

 <p>National Institute of Standards & Technology</p> <p>Certificate of Analysis</p> <p>Standard Reference Material® 1643f</p> <p>Trace Elements in Water</p>	
<p>This Standard Reference Material (SRM) is intended primarily for use in evaluating methods used in the determination of trace elements in fresh water. A unit of SRM 1643f consists of approximately 250 mL of acidified water in a polyethylene bottle, which is sealed in an aluminized plastic bag to maintain stability. SRM 1643f simulates the elemental composition of fresh water. The solution contains nitric acid at a volume fraction of approximately 2 %, equivalent to an amount of substance concentration (molarity) of approximately 0.32 mol/L.</p> <p>Certified Values: The certified values for elements in SRM 1643f are listed in Table 1. All values are reported both as mass fractions (µg/kg) and as mass concentrations (µg/L). A NIST certified value is a value for which NIST has the highest confidence in its accuracy in that all known or suspected sources of bias have been investigated or taken into account [1]. The certified mass fraction values are consensus estimates that blend the results of the gravimetric preparation value and a value determined by either inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) or inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) [2]. The certified mass concentration values are derived from the certified mass fraction values using the measured density of SRM 1643f. Additional information about the certification of SRM 1643f is given under “Certification of Material”.</p> <p>The expanded uncertainty for each certified value is calculated as</p> $U = k u_c$ <p>where k is the coverage factor for a 95 % confidence interval and u_c is the combined standard uncertainty calculated through the application of the Monte Carlo method described in the ISO/JCGM Supplement 1 [3]. The value of u_c for the certified mass fraction values is intended to represent, at the level of one standard deviation, the combined effect of uncertainty components associated with the gravimetric preparation, the ICP-MS or ICP-OES determination, method bias, and stability. Additionally, the uncertainty evaluations associated with the certified mass concentration values assume that the temperature at which the material will be measured is between 15 °C and 25 °C.</p> <p>Expiration of Certification: This certification of SRM 1643f is valid, within the measurement uncertainty specified, until 31 October 2023, provided the SRM is handled and stored in accordance with instructions given in this certificate (see “Instructions for Use”). This certification is nullified if the SRM is damaged, contaminated, or modified.</p> <p>Maintenance of SRM Certification: NIST will monitor this SRM over the period of its certification. If substantive technical changes occur that affect the certification before the expiration of this certificate, NIST will notify the purchaser. Registration (see attached sheet or register online) will facilitate notification.</p> <p>Coordination of the NIST technical measurements was under the direction of T.A. Butler, J.L. Molloy and M.R. Winchester of the NIST Chemical Sciences Division. The density, ICP-MS and ICP-OES analyses were performed by T.A. Butler and J.L. Molloy.</p> <p>Statistical analysis of the experimental data was performed by A.M. Possolo of the NIST Statistical Engineering Division.</p> <p>Support aspects involved in the issuance of this SRM were coordinated through the NIST Office of Reference Materials.</p>	
<p>Gaithersburg, MD 20899 Certificate Issue Date: 18 August 2015</p> <p>SRM 1643f</p>	<p>Carlos A. Gonzalez, Chief Chemical Sciences Division</p> <p>Robert L. Watters, Jr., Director Office of Reference Materials</p> <p>Page 1 of 3</p>

Continuação

Table 1. Certified Values, Expanded Uncertainties, and Coverage Factors (*k*) for Elements in SRM 1643f

Element	Mass Fraction ($\mu\text{g}/\text{kg}$)			<i>k</i>	Mass Concentration ($\mu\text{g}/\text{L}$)			<i>k</i>
	Value	±	<i>k</i>		Value	±	<i>k</i>	
Aluminum (Al)	132.5	±	1.2	1.9	133.8	±	1.2	1.9
Antimony (Sb)	54.90	±	0.39	1.9	55.45	±	0.40	2.0
Arsenic (As)	56.85	±	0.37	2.0	57.42	±	0.38	2.0
Barium (Ba)	513.1	±	7.3	2.1	518.2	±	7.3	2.1
Beryllium (Be)	13.53	±	0.11	2.1	13.67	±	0.12	2.1
Bismuth (Bi)	12.50	±	0.10	1.9	12.62	±	0.11	1.9
Boron (B)	150.8	±	6.6	2.2	152.3	±	6.6	2.2
Cadmium (Cd)	5.83	±	0.13	2.2	5.89	±	0.13	2.2
Calcium (Ca)	29 140	±	320	2.1	29 430	±	330	2.1
Chromium (Cr)	18.32	±	0.10	2.0	18.50	±	0.10	2.1
Cobalt (Co)	25.05	±	0.17	2.0	25.30	±	0.17	2.0
Copper (Cu)	21.44	±	0.70	2.1	21.66	±	0.71	2.2
Iron (Fe)	92.51	±	0.77	2.1	93.44	±	0.78	2.1
Lead (Pb)	18.303	±	0.081	2.0	18.488	±	0.084	2.1
Lithium (Li)	16.42	±	0.35	2.2	16.59	±	0.35	2.2
Magnesium (Mg)	7 380	±	58	1.9	7 454	±	60	2.0
Manganese (Mn)	36.77	±	0.58	2.1	37.14	±	0.60	2.2
Molybdenum (Mo)	114.2	±	1.7	2.1	115.3	±	1.7	2.1
Nickel (Ni)	59.2	±	1.4	2.2	59.8	±	1.4	2.2
Potassium (K)	1 913.3	±	9.0	2.0	1 932.6	±	9.4	2.1
Rubidium (Rb)	12.51	±	0.12	2.0	12.64	±	0.13	2.0
Selenium (Se)	11.583	±	0.078	2.0	11.700	±	0.081	2.0
Silver (Ag)	0.9606	±	0.0053	2.0	0.9703	±	0.0055	2.0
Sodium (Na)	18 640	±	240	2.1	18 830	±	250	2.1
Strontium (Sr)	311	±	18	2.1	314	±	19	2.2
Tellurium (Te)	0.9672	±	0.0082	2.0	0.9770	±	0.0084	2.0
Thallium (Tl)	6.823	±	0.034	1.9	6.892	±	0.035	2.0
Vanadium (V)	35.71	±	0.27	2.0	36.07	±	0.28	2.0
Zinc (Zn)	73.7	±	1.7	2.1	74.4	±	1.7	2.1

^(a) The measurand is the total mass fraction for each element. Metrological traceability is to the SI unit for mass, expressed as micrograms per kilogram and micrograms per liter.

Preparation of Material: SRM 1643f was prepared at NIST using only high purity reagents. A polyethylene cylindrical tank was filled with deionized water and sufficient nitric acid to bring the nitric acid amount of substance concentration (molarity) to approximately 0.32 mol/L. Known masses of the matrix elements (sodium, potassium, calcium, and magnesium) were added to the tank as solutions prepared from the same materials used to prepare the SRM 3100 series of single element solutions. Known masses of the other elements were then added to the tank solution using weighed aliquots of the SRM 3100 series. After mixing thoroughly, the tank solution was transferred into the acid-cleaned, 250 mL, polyethylene, SRM bottles and immediately sealed in individual aluminized plastic bags.

Certification of Material: Each of the certified elements was determined using either ICP-MS or ICP-OES. The final total mass of the tank solution prior to bottling was determined from the sum of the mass fraction values of the elements in Table 1 and the sum of the known masses of those elements added to prepare the solution, therefore allowing calculation of the gravimetric preparation mass fraction for each element. Certified mass fraction values were calculated by combining the gravimetric preparation values with the ICP-MS or ICP-OES values, as described under Certified Values. Certified mass concentration values were calculated using the measured density of 1.0101 g/mL \pm 0.0012 g/mL, where the uncertainty is expressed at a confidence level of approximately 95 %, within the temperature range of 15 °C to 25 °C.

INSTRUCTIONS FOR USE

Precautions: The SRM should be shaken before use because of possible water condensation on the inner surfaces of the bottle. To prevent possible contamination of the SRM, **DO NOT** insert pipettes into the bottle. Samples should be decanted at a room temperature of 15 °C to 25 °C. After use, the bottle should be recapped tightly and returned to the aluminized plastic bag, which should be folded and sealed with sealing tape. This safeguard will protect the SRM from possible environmental contamination and long-term evaporation.

The accuracy of trace element determinations, especially at the micrograms per liter level, is limited by contamination. Apparatus should be scrupulously cleaned and only high purity reagents employed. Sampling and manipulations, such as evaporations, should be done in a clean environment, such as a Class-100 clean hood.

REFERENCES

- [1] May, W.; Parris, R.; Beck, C.; Fassett, J.; Greenberg, R.; Guenther, F.; Kramer, G.; Wise, S.; Gills, T.; Colbert, J.; Gettings, R.; MacDonald, B.; *Definition of Terms and Modes Used at NIST for Value-Assessment of Reference Materials for Chemical Measurements*; NIST Special Publication 260-136, U.S. Government Printing Office: Washington, DC (2000); available at <http://www.nist.gov/srm/publications.cfm> (accessed Aug 2015).
- [2] DerSimonian, R.; Laird, N.; *Meta-Analysis in Clinical Trials*; *Control. Clin. Trials*, Vol. 7, pp. 177–188 (1986).
- [3] JCGM 101:2008; *Evaluation of Measurement Data — Supplement 1 to the “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” — Propagation of Distributions using a Monte Carlo Method*; Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) (2008); available at http://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf (accessed Aug 2015).

Users of this SRM should ensure that the Certificate of Analysis in their possession is current. This can be accomplished by contacting the SRM Program: telephone (301) 975-2200; fax (301) 948-3730; e-mail srminfo@nist.gov; or via the Internet at <http://www.nist.gov/srm>.

ANEXO C

Tabela 17 - Dados brutos dos parâmetros de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura, série de sólidos (totais, totais voláteis e totais fixos) e precipitação, por data de coleta, estação do ano, número de coletor e pontos de coleta

Data	Estações	Coletor	Ponto	pH	EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	OD mg L^{-1}	Tem., $^{\circ}\text{C}$	ST, mg L^{-1}	STV, mg L^{-1}	STF, mg L^{-1}	Precipitação
17/01/2017	Verão	Coletor 1	P1	7,30	36,3	6,99	22,4	640	-	-	34,80
17/01/2017	Verão	Coletor 2	P1	7,83	40,5	6,83	22,5	320	-	-	34,80
17/01/2017	Verão	Coletor 3	P1	7,83	42,3	6,8	22	800	-	-	34,80
17/01/2017	Verão	Coletor 4	P1	7,68	36,5	6,8	21,9	570	-	-	34,80
31/01/2017	Verão	Coletor 1	P0	6,48	44,00	5,51	23,70	150	-	-	1,00
31/01/2017	Verão	Coletor 2	P0	6,62	42,70	5,87	23,40	340	-	-	1,00
31/01/2017	Verão	Coletor 3	P0	6,73	37,30	6,34	23,40	930	-	-	1,00
31/01/2017	Verão	Coletor 4	P0	6,72	32,60	6,96	23,30	180	-	-	1,00
17/08/2017	Inverno	Coletor 1	P0	6,96	58,60	7,51	21,55	280	120	160	0,60
17/08/2017	Inverno	Coletor 2	P0	7,01	30,60	8,08	21,60	190	90	100	0,60
17/08/2017	Inverno	Coletor 3	P0	6,02	10,20	7,62	21,20	160	50	110	0,60
17/08/2017	Inverno	Coletor 4	P0	6,92	45,60	7,84	20,81	120	40	80	0,60
19/08/2017	Inverno	Coletor 1	P0	7,10	59,20	5,55	17,20	340	260	80	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 2	P0	6,91	60,60	7,46	17,10	140	90	50	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 3	P0	6,91	61,10	7,79	17,10	120	110	10	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 4	P0	6,80	63,30	8,55	16,60	160	110	50	5,20
16/01/2018	Verão	Coletor 1	P0	6,33	76,10	7,34	21,50	100	60	40	6,80
16/01/2018	Verão	Coletor 2	P0	6,40	80,70	6,06	22,70	120	60	60	6,80
16/01/2018	Verão	Coletor 3	P0	6,45	90,30	7,03	21,90	110	30	80	6,80
16/01/2018	Verão	Coletor 4	P0	6,48	73,40	7,10	20,70	40	30	10	6,80

(continuação)

20/02/2018	Verão	Coletor 1	P0	5,89	117,10	5,33	23,30	130	80	50	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 2	P0	6,51	79,90	7,60	23,00	140	40	100	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 3	P0	6,23	98,90	6,50	23,70	110	50	60	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 4	P0	6,28	41,30	7,75	23,80	100	40	60	6,00
14/03/2018	Outono	Coletor 1	P0	6,21	73,50	3,35	25,00	210	160	50	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 2	P0	6,09	53,00	4,27	25,30	140	90	50	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 3	P0	6,12	46,30	4,18	25,40	120	90	30	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 4	P0	5,97	39,10	4,98	25,40	110	120	-10	42,80
15/04/2018	Outono	Coletor 1	P0	6,12	53,50	6,04	21,60	150	90	60	3,80
15/04/2018	Outono	Coletor 2	P0	6,15	43,40	5,82	21,60	120	120	0	3,80
15/04/2018	Outono	Coletor 3	P0	6,24	52,40	5,21	21,90	140	120	20	3,80
15/04/2018	Outono	Coletor 4	P0	6,27	134,60	6,78	21,10	90	90	0	3,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 1	P0	6,15	96,70	3,10	20,10	280	170	110	6,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 2	P0	6,27	94,60	5,85	20,20	240	110	130	6,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 3	P0	6,41	81,00	6,47	20,30	160	70	90	6,80
30/07/2018	Inverno	Coletor 1	P0	5,60	221,00	5,25	18,70	1760	1290	470	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 2	P0	5,94	247,00	7,59	18,60	640	430	210	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 3	P0	6,47	96,60	7,50	18,30	260	190	70	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 4	P0	6,85	37,60	8,25	18,20	590	380	210	0,60
28/09/2018	Primavera	Coletor 1	P0	6,51	59,60	5,69	20,40	170	160	10	4,20
28/09/2018	Primavera	Coletor 2	P0	6,50	49,80	5,13	20,30	100	100	0	4,20
28/09/2018	Primavera	Coletor 3	P0	6,56	57,90	6,32	20,10	70	80	-10	4,20
28/09/2018	Primavera	Coletor 4	P0	6,68	62,90	5,14	20,20	90	90	0	4,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 1	P2	7,05	93,70	7,90	17,00	200,00	100,00	100,00	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 2	P2	7,26	94,80	7,96	17,20	180,00	50,00	130,00	5,20

(continuação)

19/08/2017	Inverno	Coletor 3	P2	7,32	91,50	7,69	17,30	60,00	90,00	-30,00	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 4	P2	7,44	91,00	7,70	17,50	90,00	10,00	80,00	5,20
20/02/2018	Verão	Coletor 1	P2	6,64	125,20	8,04	24,00	180,00	100,00	80,00	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 2	P2	7,00	68,80	5,74	24,20	140,00	90,00	50,00	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 3	P2	7,06	55,30	7,09	24,70	90,00	40,00	50,00	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 4	P2	7,07	48,90	6,83	24,60	80,00	40,00	40,00	6,00
14/03/2018	Outono	Coletor 1	P2	6,84	53,40	5,22	25,70	150,00	110,00	40,00	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 2	P2	7,14	47,10	5,59	25,70	140,00	90,00	50,00	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 3	P2	7,15	45,40	5,64	25,10	70,00	70,00	0,00	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 4	P2	7,14	42,60	5,83	25,90	50,00	50,00	0,00	42,80
30/07/2018	Inverno	Coletor 1	P2	6,75	74,60	7,85	18,30	500,00	300,00	200,00	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 2	P2	7,01	29,80	8,22	19,10	340,00	180,00	160,00	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 3	P2	7,16	25,70	8,26	19,60	100,00	50,00	50,00	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 4	P2	7,16	29,70	8,54	18,90	90,00	60,00	30,00	0,60
19/08/2017	Inverno	Coletor 1	P3	7,26	146,60	7,07	16,60	810,00	530,00	280,00	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 2	P3	7,09	205,00	7,94	17,00	310,00	230,00	80,00	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 3	P3	7,08	203,00	8,67	16,90	440,00	240,00	200,00	5,20
19/08/2017	Inverno	Coletor 4	P3	7,05	185,60	7,47	16,80	250,00	240,00	10,00	5,20
14/01/2018	Verão	Coletor 1	P3	7,21	90,50	6,51	24,00	110,00	80,00	30,00	0,80
14/01/2018	Verão	Coletor 2	P3	7,37	91,50	7,79	23,90	80,00	60,00	20,00	0,80
14/01/2018	Verão	Coletor 3	P3	7,53	89,10	7,80	23,70	50,00	50,00	0,00	0,80
14/01/2018	Verão	Coletor 4	P3	7,53	82,20	7,19	23,20	-20,00	10,00	-30,00	0,80
20/02/2018	Verão	Coletor 1	P3	6,76	107,20	5,92	25,20	180,00	120,00	60,00	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 2	P3	6,74	48,90	4,98	23,80	100,00	110,00	-10,00	6,00
20/02/2018	Verão	Coletor 3	P3	6,63	49,70	5,84	24,60	70,00	110,00	-40,00	6,00

(continuação)

20/02/2018	Verão	Coletor 4	P3	6,56	53,90	4,93	24,80	80,00	90,00	-10,00	6,00
14/03/2018	Outono	Coletor 1	P3	6,65	86,70	3,62	25,50	140,00	230,00	-90,00	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 2	P3	6,80	73,90	6,39	23,30	150,00	50,00	100,00	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 3	P3	6,46	57,70	3,82	25,60	80,00	50,00	30,00	42,80
14/03/2018	Outono	Coletor 4	P3	6,45	50,40	4,49	25,70	60,00	60,00	0,00	42,80
15/04/2018	Outono	Coletor 1	P3	6,66	41,40	6,51	20,50	130,00	50,00	80,00	3,80
15/04/2018	Outono	Coletor 2	P3	6,97	74,40	6,61	21,00	100,00	40,00	60,00	3,80
15/04/2018	Outono	Coletor 3	P3	7,08	51,80	6,86	21,00	120,00	30,00	90,00	3,80
15/04/2018	Outono	Coletor 4	P3	7,06	45,50	7,19	20,40	-	-	-	3,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 1	P3	6,83	380,00	7,24	20,10	610,00	370,00	240,00	6,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 2	P3	6,91	261,00	7,55	20,20	390,00	250,00	140,00	6,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 3	P3	6,98	205,00	6,75	20,30	250,00	180,00	70,00	6,80
13/06/2018	Inverno	Coletor 4	P3	7,05	209,00	7,14	19,80	280,00	150,00	130,00	6,80
30/07/2018	Inverno	Coletor 1	P3	6,85	338,00	6,96	19,00	960,00	670,00	290,00	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 2	P3	6,96	302,00	7,57	18,90	890,00	650,00	240,00	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 3	P3	6,89	357,00	8,50	18,90	910,00	640,00	270,00	0,60
30/07/2018	Inverno	Coletor 4	P3	7,01	255,00	7,47	19,00	640,00	440,00	200,00	0,60
28/09/2018	Primavera	Coletor 1	P3	6,41	286,00	5,83	20,80	430,00	250,00	180,00	4,20
28/09/2018	Primavera	Coletor 2	P3	6,68	166,60	4,45	21,10	320,00	220,00	100,00	4,20
28/09/2018	Primavera	Coletor 3	P3	6,71	166,70	4,46	21,10	290,00	190,00	100,00	4,20
28/09/2018	Primavera	Coletor 4	P3	6,56	165,50	4,92	21,30	230,00	160,00	70,00	4,20

Fonte: Autor da tese.

ANEXO D

Tabela 18 – Estatística descritiva para as concentrações dos metais (em $\mu\text{g L}^{-1}$) dos metais total e dissolvido, por coletor. (n) = 82 amostras

	Conc.	Coletor 1				Coletor 2				Coletor 3				Coletor 4			
		MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA	MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA	MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA	MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA
Cr (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,51	12,66	4,16	3,45	0,48	10,68	2,92	2,28	0,37	14,66	3,02	1,63	0,72	29,96	3,62	1,46
Cr (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,49	3,99	1,35	0,90	0,43	3,67	1,11	0,67	0,49	2,79	0,86	0,56	0,50	3,23	0,92	0,54
Ni (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,82	45,81	6,92	4,35	0,50	19,58	3,33	2,20	0,48	19,93	2,76	1,62	0,50	198,70	12,52	1,40
Ni (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	13,96	3,90	3,14	0,38	7,44	1,80	1,04	0,22	8,06	1,53	0,95	0,20	7,86	1,33	0,69
Cu (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	7,04	81,19	21,36	14,87	4,86	72,78	17,19	12,48	4,65	87,23	15,24	9,95	3,87	55,55	15,66	9,47
Cu (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2,27	87,82	21,14	14,07	2,51	78,32	16,41	12,79	0,87	90,66	14,14	10,69	2,97	61,92	13,23	9,04
Cd (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	6,61	0,90	0,50	0,50	3,02	0,68	0,50	0,50	4,29	0,73	0,50	0,50	2,79	0,65	0,50
Cd (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	8,42	1,28	0,79	0,50	23,32	2,94	0,80	0,46	8,18	1,09	0,50	0,50	3,81	0,82	0,50
Sb (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,46	272,52	14,37	0,87	0,44	25,21	2,15	0,61	0,50	8,21	1,02	0,54	0,47	61,64	3,83	0,50
Sb (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	1,14	0,56	0,50	0,50	1,30	0,56	0,50	0,43	1,27	0,53	0,50	0,50	1,14	0,53	0,50
La (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,59	7,05	3,11	3,64	0,50	8,16	2,31	1,62	0,50	6,81	1,70	1,40	0,50	7,50	2,05	1,25
La (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	5,58	1,85	1,13	0,50	5,73	1,50	0,82	0,50	4,56	1,12	0,67	0,50	5,43	1,26	0,56
Pb (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	3,81	56,74	15,12	10,15	2,42	38,60	13,94	11,83	1,77	29,55	8,51	5,99	1,93	19,50	6,50	4,22
Pb (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	1,12	41,18	13,04	9,09	1,01	30,04	11,50	7,74	0,07	19,77	6,67	4,56	0,50	19,26	5,84	3,60
Th (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	7,49	1,88	1,22	0,44	5,04	1,20	0,82	0,45	2,90	0,97	0,50	0,50	5,23	1,02	0,57
Th (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	3,00	0,62	0,50	0,50	2,97	0,62	0,50	0,50	0,93	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
U (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	10,00	2,55	1,00	0,50	7,04	1,60	1,27	0,50	4,98	1,36	0,90	0,50	9,57	1,67	0,85
U (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,46	4,94	1,50	0,91	0,50	4,10	1,05	0,66	0,50	3,57	0,94	0,50	0,50	6,24	1,14	0,50
Ce (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	1,26	17,72	7,64	7,95	0,56	18,58	5,55	3,97	0,50	14,65	4,14	3,09	0,50	20,87	5,01	2,71
Ce (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,56	17,03	5,41	3,50	0,50	15,65	4,10	2,49	0,50	12,82	3,00	1,70	0,50	17,58	3,42	1,68

Fonte Autor da tese

Tabela 19 - Estatística descritiva para as concentrações dos metais (em $\mu\text{g L}^{-1}$) dos metais total e dissolvido, por coletor. (n) = 82 amostras

	Conc.	Coletor 1				Coletor 2				Coletor 3				Coletor 4			
		MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA	MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA	MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA	MIN	MAX	MÉDIA	MEDIANA
Si (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,0	7715,00	2744,60	2575,00	10,00	9211,00	2358,84	1336,00	10,00	5292,10	1782,02	1434,40	10,0	8630,00	1970,77	1214,00
Si (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	137	1955,00	1115,38	1081,00	225,0	2154,00	851,19	863,00	47,00	2037,00	691,57	537,00	161,0	1941,00	663,58	469,50
B (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,0	51,00	13,95	10,00	10,0	53,00	14,10	10,00	10,00	26,30	12,47	10,00	8,98	22,20	10,82	10,00
B (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,0	57,00	16,00	10,50	10,0	56,30	14,80	10,00	10,00	36,00	13,36	10,00	10,00	32,00	12,11	10,00
Zn (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	63,10	658,00	281,20	248,00	26,0	434,50	133,12	90,00	38,80	377,00	109,23	82,00	30,80	464,00	118,08	82,00
Zn (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	29,00	753,00	290,33	248,00	21,0	466,00	0,00	102,50	10,00	430,00	115,98	85,00	33,00	536,40	135,88	100,00
Sr (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	303,00	81,11	46,00	10,0	271,00	69,13	34,00	10,00	305,00	59,75	31,00	10,00	288,20	63,79	31,00
Sr (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	338,00	76,23	35,50	10,0	280,00	60,89	29,00	10,00	307,00	50,76	27,00	10,00	248,50	47,49	27,00
Mo (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	157,30	19,38	10,00	10,0	163,90	19,70	10,00	10,00	149,60	19,11	10,00	10,00	484,00	37,83	10,00
Mo (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	33,00	15,36	10,70	10,0	35,00	14,91	10,00	10,00	36,00	14,97	10,00	10,00	34,00	15,61	10,25
V (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	158,40	20,11	10,00	10,0	169,40	20,29	10,00	10,00	154,00	19,03	10,00	10,00	492,80	39,83	10,00
V (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	35,00	18,13	15,00	10,0	36,00	17,30	14,90	10,00	34,00	17,12	14,10	10,00	39,00	17,65	13,87
Ti (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,00	167,00	53,07	50,00	0,0	190,00	40,74	23,00	0,00	86,00	29,87	23,00	0,00	252,00	37,02	15,00
Ti (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,00	25,40	12,80	13,00	0,0	24,50	11,80	10,00	0,00	16,00	10,71	10,00	0,00	26,40	11,59	10,00
Mn (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	639,10	126,90	74,10	10,0	335,00	84,03	53,00	10,00	336,00	62,67	40,00	10,00	499,40	75,68	23,00
Mn (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	10,00	394,00	105,75	80,90	10,0	349,00	80,35	51,00	10,00	343,00	58,75	36,00	10,00	292,00	54,55	29,45
Al (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	194,00	8755,00	2867,35	2635,00	160,0	11374,00	2226,33	1184,00	172,00	5929,00	1720,19	1133,00	141,00	8934,00	2020,88	1273,00
Al (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	52,00	2209,00	693,77	506,00	30,0	1774,00	510,60	312,50	10,00	1417,00	381,24	250,00	28,70	2272,00	435,54	245,50
Ca (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2468,40	56521,00	14263,02	11338,00	2160,4	38708,00	11981,13	8668,00	2615,40	30091,00	9802,42	7183,00	1845,40	33122,10	10495,29	6758,40
Ca (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2625,00	64230,00	18690,86	12493,00	3612,0	54413,00	14484,57	8641,00	2224,00	58416,00	11719,52	7378,00	2307,00	47346,00	11808,85	7721,50
Fe (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	321,00	6475,70	2157,51	2225,00	105,0	5568,00	1440,48	876,00	99,00	4121,00	1112,01	637,00	105,00	6438,00	1356,46	698,00
Fe (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	100,00	3098,00	767,00	634,00	100,0	1437,00	437,43	271,00	100,00	1099,00	307,15	153,20	100,00	2407,00	376,40	119,50
K (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	500,00	28011,00	9608,24	6171,00	500,0	25229,00	8179,73	5240,60	500,00	30095,00	7120,19	5148,00	500,00	20531,00	6479,34	4996,00
K (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	1686,00	36744,00	10846,24	7192,00	2093,0	28501,00	8573,76	4850,00	1225,00	32774,00	7071,90	4431,00	2081,00	23399,00	6272,45	4410,50
Mg (T)	$\mu\text{g L}^{-1}$	813,00	11471,00	3271,36	2176,00	749,1	10013,00	2728,65	1599,00	713,90	11124,00	2367,88	1185,00	629,20	8611,00	2468,55	1362,00
Mg (D)	$\mu\text{g L}^{-1}$	182,00	13930,00	3485,62	2336,00	398,0	10248,00	2714,29	1561,00	100,00	11078,00	2312,14	1197,00	249,00	8917,00	2278,40	1265,50

Fonte: Autor da tese.

ANEXO E

Tabela 20 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP-MS ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 1

Ponto	Coletor	Data	Cr (T)	SD Cr (T)	Cr (D)	SD Cr (D)	Ni (T)	SD Ni (T)	Cu (T)	SD Cu (T)	Cu (D)	SD Cu (D)	Cd (T)	SD Cd (T)	Cd (D)	SD Cd (D)	In (T)	SD In (T)	In (D)	SD In (D)	Sb (T)	SD Sb (T)	Sb (D)	SD Sb (D)	
P0	1	17/08/2017	6,383	0,193	1,391	0,077	7,206	0,140	14,869	0,275	13,169	0,074	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,080	0,116	<0,5	<0,5
P0	2	17/08/2017	3,484	0,061	1,283	0,042	2,961	0,197	15,551	0,043	12,787	0,077	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,872	0,044	<0,5	<0,5
P0	3	17/08/2017	14,659	0,038	0,995	0,036	2,637	0,096	11,942	0,033	12,137	0,131	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,489	0,056	<0,5	<0,5
P0	4	17/08/2017	2,444	0,071	0,785	0,015	2,223	0,145	9,424	0,208	10,682	0,091	0,786	0,113	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,709	0,014	<0,5	<0,5
P0	1	19/08/2017	7,653	0,123	2,078	0,038	6,691	0,231	23,703	0,120	19,260	0,101	0,523	0,062	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,959	0,119	<0,5	<0,5
P0	2	19/08/2017	1,764	0,033	0,876	0,007	2,372	0,087	9,376	0,074	8,271	0,039	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	3	19/08/2017	1,328	0,140	0,785	0,017	1,615	0,146	9,291	0,099	8,559	0,125	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	4	19/08/2017	2,619	0,051	0,896	0,031	3,614	0,208	11,337	0,117	11,616	0,043	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	1	16/01/2018	3,294	0,007	<0,5	<0,5	3,567	0,077	13,472	0,132	2,274	0,061	<0,5	<0,5	0,649	0,061	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,673	0,005	<0,5	<0,5
P0	2	16/01/2018	1,213	0,046	<0,5	<0,5	1,283	0,077	12,290	0,053	5,407	0,108	<0,5	<0,5	1,881	0,013	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,435	0,037	<0,5	<0,5
P0	3	16/01/2018	1,630	0,069	<0,5	<0,5	1,273	0,069	15,931	0,003	1,113	0,008	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,539	0,046	<0,5	<0,5
P0	4	16/01/2018	1,362	0,049	<0,5	<0,5	1,404	0,080	10,600	0,129	2,971	0,046	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,468	0,032	<0,5	<0,5
P0	1	20/02/2018	0,966	0,002	0,522	0,011	3,217	0,005	8,165	0,006	9,517	0,107	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,637	0,008	<0,5	<0,5
P0	2	20/02/2018	1,287	0,002	0,668	0,039	2,938	0,003	11,908	0,033	13,275	0,016	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,633	0,003	<0,5	<0,5
P0	3	20/02/2018	1,391	0,007	0,812	0,047	2,016	0,003	11,163	0,009	12,707	0,104	<0,5	<0,5	0,643	0,062	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,655	0,005	<0,5	<0,5
P0	4	20/02/2018	1,462	0,002	0,661	0,041	1,745	0,008	9,467	0,082	9,085	0,025	<0,5	<0,5	0,515	0,045	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,675	0,010	<0,5	<0,5
P0	1	14/03/2018	3,448	0,102	0,882	0,043	2,925	0,043	15,788	0,090	12,509	0,401	<0,5	<0,5	8,422	0,396	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,503	0,027	<0,5	<0,5
P0	2	14/03/2018	2,281	0,026	0,789	0,038	1,555	0,115	12,477	0,080	9,075	0,219	<0,5	<0,5	23,321	0,510	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	3	14/03/2018	4,182	0,112	0,485	0,026	1,777	0,035	12,392	0,101	5,795	0,142	<0,5	<0,5	0,865	0,041	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,708	0,016	<0,5	<0,5
P0	4	14/03/2018	1,577	0,079	0,613	0,030	1,285	0,049	11,302	0,067	8,661	0,091	<0,5	<0,5	3,811	0,130	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	1	15/04/2018	0,511	0,071	0,495	0,031	2,217	0,068	8,453	0,336	8,614	0,185	<0,5	<0,5	1,381	0,081	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

(continuação)

P0	2	15/04/2018	<0,5	<0,5	0,425	0,016	0,948	0,106	8,795	0,313	9,201	0,067	<0,5	<0,5	13,196	0,368	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	3	15/04/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,744	0,064	9,951	0,129	10,690	0,194	<0,5	<0,5	8,179	0,497	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	4	15/04/2018	0,779	0,100	<0,5	<0,5	1,089	0,158	9,785	0,328	10,308	0,244	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	1	13/06/2018	2,437	0,106	0,822	0,065	3,657	0,158	14,630	0,512	14,920	0,328	<0,5	<0,5	0,663	0,028	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,655	0,023	<0,5	<0,5
P0	2	13/06/2018	3,076	0,114	0,831	0,073	2,068	0,093	13,998	0,323	14,279	0,303	<0,5	<0,5	0,700	0,012	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,718	0,031	0,548	0,014
P0	3	13/06/2018	1,601	0,037	0,559	0,036	1,677	0,019	11,633	0,354	11,318	0,348	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,582	0,059	0,433	<0,5
P0	1	30/07/2018	5,109	0,105	3,992	0,054	11,269	0,177	46,661	0,332	51,136	0,296	0,570	0,094	0,702	0,088	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,332	0,036	1,026	0,022
P0	2	30/07/2018	4,578	0,117	2,736	0,152	6,646	0,259	39,130	0,175	38,493	0,801	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,773	0,070	1,302	0,080
P0	3	30/07/2018	3,228	0,047	1,468	0,035	4,005	0,161	19,308	0,055	19,581	0,096	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,931	0,018	<0,5	<0,5
P0	4	30/07/2018	7,903	0,023	3,226	0,103	6,280	0,118	28,566	0,246	26,510	0,338	0,626	0,029	0,740	0,066	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,070	0,085	<0,5	<0,5
P0	1	27/09/2018	1,700	0,081	0,710	0,043	2,410	0,107	10,486	0,168	9,733	0,276	<0,5	<0,5	0,533	0,029	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,459	0,014	<0,5	<0,5
P0	2	27/09/2018	1,325	0,042	0,543	0,043	1,598	0,067	8,495	0,038	7,520	0,223	<0,5	<0,5	5,964	0,442	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,448	0,024	<0,5	<0,5
P0	3	27/09/2018	2,769	0,036	0,562	0,057	2,633	0,065	7,938	0,041	8,448	0,128	<0,5	<0,5	0,458	0,031	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P0	4	27/09/2018	1,072	0,057	<0,5	<0,5	1,693	0,056	8,186	0,066	6,685	0,182	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	1	19/08/2017	5,378	0,096	1,536	0,037	5,159	0,138	16,004	0,245	15,614	0,202	0,639	0,059	0,794	0,067	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,029	0,071	<0,5	<0,5
P2	2	19/08/2017	3,564	0,043	0,581	0,019	3,209	0,101	5,819	0,115	5,059	0,042	0,551	0,036	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	3	19/08/2017	2,749	0,017	0,749	0,033	1,534	0,034	6,494	0,094	5,152	0,062	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	4	19/08/2017	3,853	0,029	0,736	0,048	5,061	0,108	9,336	0,133	4,991	0,078	0,518	0,019	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,634	0,069	<0,5	<0,5
P2	1	20/02/2018	2,451	0,090	0,641	0,053	5,432	0,177	11,061	0,146	10,419	0,095	<0,5	<0,5	0,792	0,068	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	12,817	0,508	<0,5	<0,5
P2	2	20/02/2018	2,105	0,070	<0,5	<0,5	3,596	0,099	6,780	0,110	5,275	0,060	<0,5	<0,5	0,510	0,078	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	6,592	0,126	<0,5	<0,5
P2	3	20/02/2018	0,844	0,011	<0,5	<0,5	0,532	0,043	5,629	0,066	5,302	0,055	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,660	0,019	<0,5	<0,5
P2	4	20/02/2018	0,722	0,024	<0,5	<0,5	0,540	0,048	5,623	0,055	4,862	0,068	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,644	0,042	<0,5	<0,5
P2	1	14/03/2018	1,360	0,091	<0,5	<0,5	0,821	0,072	7,045	0,049	5,952	0,223	<0,5	<0,5	0,590	0,066	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	2	14/03/2018	1,081	0,037	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,857	0,128	3,242	0,078	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	3	14/03/2018	1,123	0,042	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,646	0,141	4,466	0,153	<0,5	<0,5	1,036	0,044	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,515	0,087	<0,5	<0,5
P2	4	14/03/2018	0,732	0,065	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,865	0,001	3,200	0,125	<0,5	<0,5	0,821	0,183	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	1	30/07/2018	3,388	0,034	2,714	0,065	7,022	0,052	22,354	0,220	23,883	0,136	<0,5	<0,5	1,013	0,094	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

(continuação)

P2	2	30/07/2018	7,819	0,220	2,229	0,077	3,534	0,148	18,452	0,120	16,513	0,106	0,548	0,056	3,406	0,188	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,965	0,050	<0,5	<0,5
P2	3	30/07/2018	1,821	0,063	1,022	0,086	0,798	0,067	6,559	0,132	6,638	0,072	<0,5	<0,5	0,949	0,015	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	4	30/07/2018	2,000	0,089	<0,5	<0,5	0,962	0,055	5,062	0,071	4,665	0,033	<0,5	<0,5	0,710	0,133	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	1	19/08/2017	12,658	0,293	2,020	0,037	45,812	3,582	24,688	0,273	19,383	0,175	6,606	0,403	1,223	0,107	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	272,522	1,331	<0,5	<0,5
P3	2	19/08/2017	10,681	0,201	3,670	0,111	19,580	3,875	24,180	0,483	24,733	0,252	3,021	0,843	1,186	0,094	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	25,214	0,194	<0,5	<0,5
P3	3	19/08/2017	10,846	0,132	2,790	0,049	19,927	0,759	23,090	0,341	20,908	0,282	4,288	0,495	0,939	0,037	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,211	0,108	<0,5	<0,5
P3	4	19/08/2017	29,956	0,296	2,362	0,057	198,704	0,993	51,877	0,480	19,570	0,218	24,539	0,476	1,316	0,087	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	61,639	0,113	<0,5	<0,5
P3	1	14/01/2018	3,232	0,067	1,127	0,065	5,490	0,074	11,752	0,076	14,071	0,122	<0,5	<0,5	0,846	0,038	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,873	0,032	<0,5	<0,5
P3	2	14/01/2018	0,475	0,035	<0,5	<0,5	1,126	0,057	6,632	0,122	2,509	0,074	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,581	0,038	<0,5	<0,5
P3	3	14/01/2018	0,375	0,063	<0,5	<0,5	1,020	0,111	6,125	0,120	0,868	0,047	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,544	0,083	<0,5	<0,5
P3	4	14/01/2018	0,920	0,052	<0,5	<0,5	1,078	0,132	7,488	0,039	3,609	0,056	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	1	20/02/2018	3,680	0,072	0,687	0,036	4,353	0,223	12,424	0,123	11,928	0,063	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,691	0,051	<0,5	<0,5
P3	2	20/02/2018	2,430	0,125	0,557	0,011	1,218	0,089	11,061	0,079	9,090	0,077	<0,5	<0,5	0,797	0,160	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,756	0,041	<0,5	<0,5
P3	3	20/02/2018	0,824	0,064	0,526	0,017	0,479	0,037	8,186	0,039	8,088	0,089	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	4	20/02/2018	0,755	0,020	0,504	0,008	0,611	0,102	9,313	0,170	8,997	0,031	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	1	14/03/2018	7,127	0,183	1,069	0,090	4,150	0,098	19,679	0,115	17,835	0,132	0,568	0,004	0,835	0,132	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,123	0,041	<0,5	<0,5
P3	2	14/03/2018	2,354	0,051	0,901	0,062	2,136	0,110	13,671	0,223	15,027	0,298	<0,5	<0,5	1,000	0,071	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,611	0,047	<0,5	<0,5
P3	3	14/03/2018	1,756	0,033	0,597	0,040	1,655	0,067	9,627	0,043	13,069	0,295	<0,5	<0,5	1,346	0,029	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,581	0,010	<0,5	<0,5
P3	4	14/03/2018	1,198	0,080	<0,5	<0,5	0,662	0,041	6,480	0,062	11,009	0,160	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,585	0,066	<0,5	<0,5
P3	1	15/04/2018	1,408	0,088	<0,5	<0,5	1,189	0,024	10,005	0,342	12,049	0,305	<0,5	<0,5	2,246	0,072	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	2	15/04/2018	1,243	0,019	<0,5	<0,5	0,803	0,022	13,790	0,519	14,962	0,097	<0,5	<0,5	2,130	0,115	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,593	0,069	<0,5	<0,5
P3	3	15/04/2018	1,063	0,072	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	9,529	0,279	12,021	0,307	<0,5	<0,5	0,749	0,030	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	4	15/04/2018	-	-	<0,5	<0,5	-	-	-	-	8,399	0,284	-	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5
P3	1	13/06/2018	4,237	0,166	0,900	0,068	4,358	0,257	48,016	1,131	51,682	1,315	0,766	0,011	1,190	0,094	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,908	0,080	0,595	0,041
P3	2	13/06/2018	1,389	0,040	0,619	0,021	2,197	0,073	30,851	0,954	34,497	0,562	<0,5	<0,5	0,622	0,033	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	3	13/06/2018	1,237	0,051	<0,5	<0,5	1,611	0,044	25,762	0,719	27,548	0,708	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	4	13/06/2018	1,414	0,125	0,581	0,012	1,723	0,110	27,999	0,855	30,249	0,861	<0,5	<0,5	0,631	0,039	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

(continuação)

P3	1	30/07/2018	4,835	0,097	3,348	0,077	14,227	0,446	81,188	0,663	87,817	0,972	2,051	0,165	2,122	0,149	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,570	0,049	1,135	0,016
P3	2	30/07/2018	5,200	0,107	3,092	0,073	7,358	0,344	72,785	0,905	78,320	0,968	1,662	0,058	2,425	0,115	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,236	0,056	0,985	0,031
P3	3	30/07/2018	4,922	0,151	2,653	0,020	8,446	0,029	87,234	0,633	90,664	0,476	1,609	0,081	2,153	0,068	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,467	0,040	1,273	0,068
P3	4	30/07/2018	5,921	0,118	2,929	0,107	7,471	0,100	55,545	0,365	61,922	0,634	2,786	0,114	1,876	0,101	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,399	0,069	1,138	0,020
P3	1	27/09/2018	6,187	0,095	2,005	0,065	4,106	0,124	28,037	0,307	32,194	0,719	0,592	0,030	0,860	0,017	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,859	0,028	<0,5	<0,5
P3	2	27/09/2018	3,388	0,042	1,102	0,060	2,285	0,046	19,996	0,268	17,128	0,507	<0,5	<0,5	1,105	0,123	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,626	0,050	<0,5	<0,5
P3	3	27/09/2018	4,623	0,053	0,520	0,035	2,680	0,081	17,666	0,332	11,871	0,391	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,631	0,027	<0,5	<0,5
P3	4	27/09/2018	2,101	0,102	0,621	0,032	1,305	0,050	16,198	0,204	16,518	0,546	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Fonte: Autor da tese

Tabela 21 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP-MS ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 2

Ponto	Coletor	Data	La (T)	SD La (T)	La (D)	SD La (D)	Pb (T)	SD Pb (T)	Pb (D)	SD Pb (D)	Th (T)	SD Th (T)	Th (D)	SD Th (D)	U (T)	SD U (T)	U (D)	SD U (D)	Ce (T)	SD Ce (T)	Ce (D)	SD Ce (D)
P0	1	17/08/2017	3,681	0,056	1,505	0,033	15,072	0,171	11,194	0,034	5,199	0,041	<0,5	<0,5	7,239	0,105	3,474	0,036	7,946	0,149	4,698	0,059
P0	2	17/08/2017	2,444	0,072	1,196	0,023	21,493	0,043	20,975	0,146	2,185	0,014	<0,5	<0,5	2,535	0,035	1,475	0,014	4,806	0,038	3,801	0,185
P0	3	17/08/2017	1,794	0,025	1,091	0,030	14,559	0,035	15,157	0,068	1,557	0,000	<0,5	<0,5	2,426	0,015	1,236	0,006	4,013	0,090	3,377	0,070
P0	4	17/08/2017	1,949	0,025	1,049	0,019	10,029	0,089	9,084	0,031	1,542	0,008	<0,5	<0,5	2,269	0,029	1,289	0,010	4,149	0,069	3,146	0,039
P0	1	19/08/2017	7,049	0,049	3,382	0,071	27,386	0,245	21,958	0,087	7,493	0,067	<0,5	<0,5	9,999	0,056	4,938	0,049	15,195	0,214	10,173	0,126
P0	2	19/08/2017	1,901	0,035	1,065	0,015	31,377	0,143	30,044	0,151	1,976	0,007	<0,5	<0,5	2,131	0,032	1,260	0,006	3,973	0,156	2,952	0,062
P0	3	19/08/2017	1,486	0,013	0,892	0,023	20,597	0,211	19,768	0,179	1,105	0,010	<0,5	<0,5	1,765	0,014	1,016	0,017	3,094	0,038	2,470	0,113
P0	4	19/08/2017	2,091	0,032	1,253	0,012	11,476	0,090	11,231	0,060	1,567	0,014	<0,5	<0,5	3,211	0,023	1,389	0,009	4,295	0,108	3,565	0,082
P0	1	16/01/2018	1,879	0,034	<0,5	<0,5	8,466	0,046	1,122	0,008	4,407	0,024	<0,5	<0,5	4,893	0,019	0,457	0,003	4,114	0,036	0,556	0,004
P0	2	16/01/2018	0,688	0,018	<0,5	<0,5	17,012	0,004	7,736	0,040	0,990	0,007	<0,5	<0,5	1,236	0,006	<0,5	<0,5	1,418	0,060	0,552	0,009
P0	3	16/01/2018	0,549	0,021	<0,5	<0,5	9,838	0,114	<0,5	<0,5	0,448	0,005	<0,5	<0,5	0,897	0,010	<0,5	<0,5	1,122	0,043	<0,5	<0,5
P0	4	16/01/2018	0,627	0,019	<0,5	<0,5	4,419	0,046	1,123	0,022	0,620	0,006	<0,5	<0,5	1,991	0,006	<0,5	<0,5	1,258	0,023	<0,5	<0,5
P0	1	20/02/2018	0,586	0,002	0,549	0,012	5,080	0,002	6,727	0,049	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,862	0,001	0,913	0,003	1,258	0,027	1,161	0,030

(continuação)

P0	2	20/02/2018	1,332	0,002	0,940	0,007	24,593	0,005	22,197	0,204	0,817	0,001	<0,5	<0,5	1,834	0,003	1,803	0,011	2,867	0,165	1,913	0,070
P0	3	20/02/2018	1,103	0,001	0,674	0,028	7,767	0,009	7,691	0,092	0,510	0,001	<0,5	<0,5	1,235	0,002	1,061	0,004	2,293	0,035	1,372	0,080
P0	4	20/02/2018	1,001	0,002	<0,5	<0,5	5,135	0,005	4,515	0,008	0,619	0,000	<0,5	<0,5	1,475	0,002	0,683	0,005	2,012	0,104	0,612	0,018
P0	1	14/03/2018	3,886	0,061	1,130	0,039	11,825	0,040	7,228	0,185	2,635	0,013	<0,5	<0,5	5,684	0,043	2,741	0,073	8,991	0,300	3,150	0,061
P0	2	14/03/2018	2,157	0,010	0,819	0,005	12,484	0,052	9,492	0,154	0,629	0,009	<0,5	<0,5	3,058	0,014	1,818	0,027	5,068	0,131	2,490	0,038
P0	3	14/03/2018	2,511	0,090	<0,5	<0,5	9,084	0,028	3,550	0,086	2,834	0,012	<0,5	<0,5	4,042	0,006	1,043	0,017	5,809	0,219	1,356	0,013
P0	4	14/03/2018	1,854	0,010	0,563	0,031	5,821	0,023	4,130	0,074	0,636	0,002	<0,5	<0,5	3,046	0,014	2,081	0,033	4,808	0,051	1,603	0,032
P0	1	15/04/2018	0,778	0,016	0,706	0,014	6,105	0,182	7,377	0,168	0,649	0,018	<0,5	<0,5	2,429	0,068	1,651	0,040	2,680	0,048	2,611	0,124
P0	2	15/04/2018	0,602	0,040	<0,5	<0,5	18,062	0,636	18,909	0,321	0,439	0,016	<0,5	<0,5	1,274	0,042	0,664	0,007	1,789	0,011	1,421	0,033
P0	3	15/04/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	10,860	0,247	11,585	0,332	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,955	0,039	0,602	0,020	1,222	0,015	1,077	0,008
P0	4	15/04/2018	0,550	0,009	<0,5	<0,5	6,909	0,176	7,445	0,206	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,105	0,021	<0,5	<0,5	1,697	0,039	0,991	0,021
P0	1	13/06/2018	2,194	0,036	0,961	0,028	9,390	0,295	7,702	0,176	1,976	0,056	<0,5	<0,5	2,590	0,074	1,901	0,053	6,523	0,170	3,739	0,117
P0	2	13/06/2018	2,630	0,086	0,719	0,034	11,834	0,302	10,237	0,288	2,518	0,044	<0,5	<0,5	2,096	0,049	1,226	0,040	6,566	0,116	2,975	0,030
P0	3	13/06/2018	1,399	0,017	<0,5	<0,5	5,491	0,141	4,555	0,156	1,460	0,039	<0,5	<0,5	1,818	0,053	0,998	0,015	3,535	0,019	1,679	0,023
P0	1	30/07/2018	4,728	0,023	4,459	0,072	17,685	0,088	18,267	0,083	4,130	0,024	2,995	0,027	6,110	0,030	4,560	0,007	13,981	0,364	14,358	0,307
P0	2	30/07/2018	3,217	0,014	2,756	0,057	27,357	0,229	26,947	0,422	5,042	0,060	2,972	0,032	7,036	0,051	4,099	0,057	9,119	0,478	8,799	0,204
P0	3	30/07/2018	2,528	0,057	2,105	0,046	11,899	0,097	11,580	0,083	2,903	0,013	0,933	0,006	4,975	0,031	3,298	0,023	7,457	0,178	6,818	0,066
P0	4	30/07/2018	7,500	0,028	5,428	0,028	19,501	0,075	16,934	0,074	5,225	0,031	<0,5	<0,5	9,568	0,087	6,236	0,029	20,869	0,096	17,577	0,471
P0	1	27/09/2018	1,477	0,026	0,917	0,043	4,510	0,067	4,103	0,190	1,303	0,018	<0,5	<0,5	2,049	0,011	1,555	0,041	3,739	0,026	2,760	0,023
P0	2	27/09/2018	1,062	0,009	0,598	0,020	6,223	0,017	4,421	0,128	0,972	0,003	<0,5	<0,5	1,245	0,017	0,881	0,027	2,726	0,073	1,820	0,064
P0	3	27/09/2018	0,802	0,008	0,542	0,013	3,752	0,097	3,588	0,135	0,640	0,101	<0,5	<0,5	0,950	0,017	0,835	0,022	2,042	0,019	1,703	0,017
P0	4	27/09/2018	0,772	0,015	<0,5	<0,5	2,496	0,013	1,160	0,083	0,621	0,007	<0,5	<0,5	0,849	0,018	0,508	0,016	2,496	0,060	1,765	0,052
P2	1	19/08/2017	4,911	0,064	1,587	0,035	43,307	0,445	41,184	0,234	1,812	0,031	<0,5	<0,5	1,000	0,020	1,150	0,019	9,905	0,341	3,501	0,029
P2	2	19/08/2017	1,177	0,001	0,578	0,011	5,967	0,076	5,014	0,023	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,127	0,029	1,407	0,055
P2	3	19/08/2017	1,487	0,004	0,749	0,010	8,484	0,073	6,175	0,027	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,577	0,004	<0,5	<0,5	3,202	0,034	1,695	0,018
P2	4	19/08/2017	1,552	0,055	0,633	0,021	7,823	0,026	4,950	0,086	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,711	0,055	1,589	0,015
P2	1	20/02/2018	0,759	0,016	<0,5	<0,5	10,151	0,049	9,087	0,016	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,696	0,091	0,957	0,043

(continuação)

P2	2	20/02/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,882	0,033	2,182	0,038	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,563	0,031	<0,5	<0,5
P2	3	20/02/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,192	0,022	2,175	0,018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	4	20/02/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,184	0,051	1,905	0,028	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P2	1	14/03/2018	0,687	0,030	<0,5	<0,5	6,282	0,100	4,777	0,164	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,524	0,065	1,015	0,038
P2	2	14/03/2018	0,543	0,006	<0,5	<0,5	3,217	0,010	1,624	0,094	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,222	0,019	0,642	0,008
P2	3	14/03/2018	0,536	0,009	<0,5	<0,5	2,493	0,037	1,837	0,057	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,049	0,050	0,929	0,052
P2	4	14/03/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,932	0,026	1,246	0,035	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,842	0,024	0,673	0,007
P2	1	30/07/2018	4,292	0,051	4,115	0,051	19,400	0,139	19,388	0,210	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,809	0,008	0,734	0,000	12,234	0,069	12,613	0,263
P2	2	30/07/2018	8,164	0,012	3,875	0,042	21,955	0,244	16,022	0,104	2,316	0,018	<0,5	<0,5	1,040	0,006	0,785	0,017	18,584	0,061	11,257	0,368
P2	3	30/07/2018	1,746	0,022	1,362	0,017	5,995	0,006	5,719	0,065	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,676	0,058	3,986	0,093
P2	4	30/07/2018	1,509	0,002	0,560	0,017	4,028	0,037	3,567	0,066	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,498	0,007	1,850	0,025
P3	1	19/08/2017	4,533	0,011	2,863	0,025	56,736	1,600	40,148	0,324	1,224	0,007	<0,5	<0,5	0,793	0,015	<0,5	<0,5	9,369	0,077	7,277	0,154
P3	2	19/08/2017	6,158	0,091	5,729	0,092	38,604	0,565	25,410	0,276	1,493	0,018	<0,5	<0,5	2,263	0,010	<0,5	<0,5	13,187	0,149	13,819	0,204
P3	3	19/08/2017	6,812	0,084	4,563	0,013	29,546	1,062	16,848	0,089	1,931	0,016	<0,5	<0,5	0,906	0,010	<0,5	<0,5	14,410	0,579	11,503	0,150
P3	4	19/08/2017	7,360	0,054	3,615	0,054	130,686	2,215	16,670	0,068	2,011	0,015	<0,5	<0,5	1,293	0,009	<0,5	<0,5	15,339	0,788	8,655	0,322
P3	1	14/01/2018	1,421	0,008	1,029	0,031	6,863	0,062	15,369	0,092	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,468	0,050	2,253	0,051
P3	2	14/01/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,711	0,030	1,007	0,015	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,757	0,021	<0,5	<0,5
P3	3	14/01/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,766	0,025	0,067	0,016	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
P3	4	14/01/2018	0,885	0,016	<0,5	<0,5	3,686	0,053	1,572	0,028	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,714	0,081	0,618	0,022
P3	1	20/02/2018	1,561	0,031	0,987	0,016	8,844	0,040	7,876	0,041	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,267	0,108	2,090	0,095
P3	2	20/02/2018	1,551	0,053	0,631	0,012	4,682	0,034	3,226	0,008	0,534	0,001	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,915	0,088	1,189	0,020
P3	3	20/02/2018	0,658	0,018	<0,5	<0,5	2,759	0,037	2,645	0,050	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,443	0,091	0,842	0,020
P3	4	20/02/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,656	0,068	2,765	0,050	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,833	0,015	<0,5	<0,5
P3	1	14/03/2018	5,188	0,115	2,040	0,092	15,666	0,016	10,251	0,234	1,298	0,016	<0,5	<0,5	0,550	0,003	<0,5	<0,5	9,812	0,292	4,728	0,121
P3	2	14/03/2018	2,793	0,012	1,694	0,010	9,954	0,152	7,360	0,093	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5,528	0,079	3,767	0,178
P3	3	14/03/2018	1,556	0,008	1,359	0,043	5,718	0,023	4,586	0,131	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,009	0,060	3,169	0,113
P3	4	14/03/2018	0,950	0,025	1,180	0,044	3,394	0,066	3,635	0,077	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,851	0,097	2,673	0,062

(continuação)

P3	1	15/04/2018	0,587	0,008	<0,5	<0,5	3,807	0,147	3,603	0,074	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,657	0,021	1,105	0,032
P3	2	15/04/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,421	0,070	2,760	0,066	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,278	0,016	0,912	0,004	1,458	0,017	1,082	0,027
P3	3	15/04/2018	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,884	0,065	2,817	0,071	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,574	0,015	<0,5	<0,5	1,010	0,050	0,734	0,051
P3	4	15/04/2018	-	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5
P3	1	13/06/2018	3,637	0,122	1,398	0,042	8,796	0,242	7,097	0,175	1,096	0,029	<0,5	<0,5	3,125	0,061	1,457	0,034	11,316	0,328	5,152	0,084
P3	2	13/06/2018	1,620	0,050	0,816	0,008	3,682	0,091	3,589	0,105	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,366	0,045	0,605	0,007	5,284	0,056	2,997	0,002
P3	3	13/06/2018	1,225	0,054	0,673	0,031	2,697	0,077	2,602	0,083	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,901	0,031	<0,5	<0,5	3,982	0,061	2,432	0,072
P3	4	13/06/2018	1,252	0,028	0,630	0,039	3,001	0,089	3,302	0,072	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,844	0,008	<0,5	<0,5	4,029	0,090	2,215	0,044
P3	1	30/07/2018	5,903	0,014	5,579	0,031	21,193	0,245	19,924	0,096	1,160	0,007	<0,5	<0,5	2,030	0,002	1,896	0,019	17,722	0,193	17,027	0,123
P3	2	30/07/2018	5,508	0,058	5,086	0,068	17,970	0,149	17,578	0,172	0,909	0,012	<0,5	<0,5	1,741	0,012	2,046	0,007	17,083	0,293	15,646	0,321
P3	3	30/07/2018	4,631	0,086	3,984	0,020	15,901	0,154	15,252	0,149	1,129	0,009	<0,5	<0,5	2,904	0,019	3,568	0,006	14,647	0,414	12,816	0,255
P3	4	30/07/2018	5,741	0,099	4,889	0,056	19,439	0,084	19,262	0,082	1,382	0,011	<0,5	<0,5	2,094	0,050	4,081	0,009	16,514	0,488	14,614	0,450
P3	1	27/09/2018	5,667	0,125	3,714	0,132	10,997	0,045	9,413	0,293	1,661	0,013	<0,5	<0,5	0,867	0,005	<0,5	<0,5	15,094	0,297	12,594	0,236
P3	2	27/09/2018	3,405	0,022	1,930	0,040	8,238	0,032	4,756	0,175	0,873	0,008	<0,5	<0,5	0,513	0,010	<0,5	<0,5	9,441	0,106	6,616	0,101
P3	3	27/09/2018	2,791	0,013	0,937	0,031	5,383	0,047	1,304	0,111	0,884	0,004	<0,5	<0,5	0,603	0,003	<0,5	<0,5	7,929	0,238	3,549	0,011
P3	4	27/09/2018	1,818	0,017	0,936	0,016	3,088	0,051	1,813	0,104	0,565	0,007	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,521	<0,5	5,724	0,110	4,189	0,012

Fonte: Autor da tese

Tabela 22 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP OES ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 3

Ponto	Coletor	Data	Si (T)	SD Si (T)	Si (D)	SD Si (D)	B (T)	SD B (T)	B (D)	SD B (D)	Zn (T)	SD Zn (T)	Zn (D)	SD Zn (D)	Sr (T)	SD Sr	Sr (D)	SD Sr (D)	Mo (T)	SD Mo (T)	Mo (D)	SD Mo (D)
P1	1	17/01/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	0,298	0,002	0,303	0,001	-	-	<0,01	-	<0,1	-	<0,01	-
P1	2	17/01/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	0,042	0,004	0,045	0,003	-	-	<0,01	-	<0,1	-	<0,01	-
P1	3	17/01/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	0,032	0,003	0,036	0,002	-	-	<0,01	-	<0,1	-	<0,01	-
P1	4	17/01/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,001	0,047	0,001	-	-	<0,01	-	<0,1	-	<0,01	-
P0	1	31/01/2017	-	-	1,330	0,003	-	-	-	-	0,322	0,003	0,326	0,001	0,018	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-

(continuação)

P0	2	31/01/2017	-	-	1,072	0,001	-	-	-	-	0,133	0,004	0,128	0,001	0,019	0,002	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	3	31/01/2017	-	-	0,515	0,005	-	-	-	-	0,078	0,001	0,079	0,005	0,015	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	4	31/01/2017	-	-	0,055	0,001	-	-	-	-	0,072	0,002	0,077	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	1	17/08/2017	3,720	0,016	1,049	0,003	-	-	-	-	0,198	0,001	0,233	0,001	0,025	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	2	17/08/2017	2,457	0,006	1,075	0,001	-	-	-	-	0,095	0,001	0,121	0,001	0,021	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	3	17/08/2017	1,822	0,006	0,843	0,001	-	-	-	-	0,066	0,001	0,106	0,001	0,022	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	4	17/08/2017	1,902	0,001	0,751	0,003	-	-	-	-	0,084	0,001	0,110	0,001	0,017	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	1	19/08/2017	4,092	0,110	1,955	0,004	<0,01	-	<0,01	-	0,451	0,002	0,440	0,001	0,059	0,001	0,043	0,001	<0,01	-	<0,010	-
P0	2	19/08/2017	1,989	0,023	1,097	0,008	<0,01	-	<0,01	-	0,052	0,001	0,101	0,105	0,029	0,001	0,029	0,001	<0,01	-	<0,010	-
P0	3	19/08/2017	1,434	0,010	1,016	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,049	0,001	0,105	0,001	0,026	0,001	0,029	0,001	<0,01	-	<0,010	-
P0	4	19/08/2017	1,911	0,011	1,129	0,005	<0,01	-	<0,01	-	0,081	0,001	0,124	0,001	0,029	0,001	0,046	0,001	<0,01	-	<0,010	-
P0	1	16/01/2018	1,659	0,004	0,137	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,17	0,001	0,029	0,001	0,034	0,001	<0,01	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	2	16/01/2018	0,622	0,044	0,225	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,128	0,001	0,058	0,001	0,033	0,001	0,013	0,001	<0,01	-	<0,010	-
P0	3	16/01/2018	0,642	0,004	0,047	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,144	0,001	0,010	0,001	0,033	0,001	<0,010	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	4	16/01/2018	0,679	0,002	0,161	0,016	<0,01	-	<0,01	-	0,133	0,001	0,033	0,003	0,029	0,001	<0,010	-	<0,01	-	<0,010	-
P0	1	20/02/2018	0,499	0,002	0,560	0,002	<0,01	-	0,011	0,003	0,127	0,001	0,127	0,001	0,02	0,001	0,023	0,001	0,028	0,001	0,013	0,003
P0	2	20/02/2018	1,060	0,004	0,906	0,003	0,013	-	<0,01	-	0,118	0,001	0,105	0,001	0,038	0,001	0,040	0,001	0,034	0,001	0,011	0,001
P0	3	20/02/2018	0,699	0,006	0,513	0,002	<0,01	-	<0,01	-	0,092	0,001	0,083	0,001	0,022	0,001	0,024	0,001	0,037	0,001	0,012	0,001
P0	4	20/02/2018	0,924	0,002	0,407	0,004	<0,01	-	<0,01	-	0,096	0,001	0,075	0,002	0,023	0,001	0,021	0,001	0,036	0,001	0,013	0,001
P0	1	14/03/2018	2,690	0,019	0,918	0,001	<0,01	-	0,012	0,001	0,116	0,001	0,113	0,001	0,046	0,001	0,045	0,001	<0,01	-	0,032	0,002
P0	2	14/03/2018	1,158	0,002	0,572	0,003	<0,01	-	0,012	0,001	0,082	0,001	0,085	0,001	0,034	0,001	0,032	0,001	<0,01	-	0,031	0,001
P0	3	14/03/2018	2,456	0,005	0,343	0,003	<0,01	-	<0,01	-	0,085	0,001	0,047	0,001	0,031	0,001	0,016	0,001	<0,01	-	0,031	0,001
P0	4	14/03/2018	1,004	0,009	0,470	0,003	<0,01	-	0,017	0,001	0,077	0,001	0,139	0,001	0,031	0,001	0,030	0,001	<0,01	-	0,034	0,001
P0	1	15/04/2018	1,1330	0,0040	0,882	0,006	0,0211	0,0003	0,029	0,001	0,0631	0,0002	0,078	0,001	0,0243	0,0000	0,026	0,001	0,0117	0,0001	<0,01	-
P0	2	15/04/2018	1,0810	0,0040	0,863	0,001	0,0257	0,0005	0,033	0,001	0,0593	0,0005	0,074	0,001	0,0205	0,0000	0,022	0,001	0,0119	0,0002	<0,01	-
P0	3	15/04/2018	0,9810	0,0010	0,929	0,005	0,0263	0,0001	0,036	0,001	0,0663	0,0001	0,085	0,001	0,0239	0,0000	0,026	0,001	0,0117	0,0002	<0,01	-
P0	4	15/04/2018	1,2140	0,0050	0,587	0,005	0,0222	0,0001	0,032	0,001	0,0601	0,0002	0,102	0,001	0,0241	0,0001	0,027	0,001	0,0117	0,0001	<0,01	-

(continuação)

P0	1	13/06/2018	4,188	0,015	1,127	0,001	0,0232	0,0003	0,032	0,000	0,2522	0,0002	0,298	0,001	0,0511	0,0001	0,052	0,000	<0,01	-	0,011	0,000
P0	2	13/06/2018	6,416	0,019	1,124	0,002	0,0285	0,0004	0,036	0,000	0,0807	0,0003	0,107	0,000	0,0473	0,0002	0,045	0,000	<0,01	-	<0,01	-
P0	3	13/06/2018	3,124	0,015	0,893	0,003	0,0229	0,0005	0,027	0,000	0,1057	0,0004	0,127	0,001	0,03579	0,00002	0,034	0,000	<0,01	-	<0,01	-
P0	1	30/07/2018	3,587	0,015	1,710	0,010	0,051	0,0003	0,057	0,001	0,408	0,001	0,469	0,002	0,127	0,0002	0,132	0,001	<0,01	-	0,017	0,002
P0	2	30/07/2018	3,218	0,016	1,222	0,004	0,053	0,0002	0,056	0,000	0,312	0,002	0,346	0,001	0,1219	0,0003	0,121	0,000	<0,01	-	0,013	0,000
P0	3	30/07/2018	3,007	0,029	1,129	0,001	0,0255	0,0003	0,028	0,001	0,196	0,001	0,227	0,000	0,051	0,0001	0,052	0,000	<0,01	-	0,011	0,000
P0	4	30/07/2018	8,630	0,043	1,941	0,009	0,013	0,001	<0,01	-	0,2153	0,0003	0,229	0,000	0,0628	0,0001	0,056	0,000	<0,01	-	0,011	0,000
P0	1	27/09/2018	2,478	0,026	0,745	0,002	0,0159	0,0003	0,016	0,000	0,092	0,001	0,0835	0,0004	0,0345	0,0004	0,029	0,000	<0,01	-	<0,01	-
P0	2	27/09/2018	1,951	0,012	0,496	0,001	0,0137	0,0002	0,013	0,000	0,071	0,001	0,062	0,001	0,0287	0,0001	0,022	0,000	<0,01	-	<0,01	-
P0	3	27/09/2018	1,645	0,005	0,537	0,003	0,0147	0,0002	0,016	0,000	0,0604	0,0004	0,0633	0,0004	0,0302	0,00004	0,029	0,000	<0,01	-	<0,01	-
P0	4	27/09/2018	1,55	0,012	0,357	0,001	0,0157	0,0001	0,012	0,000	0,0542	0,0005	0,040	0,000	0,0333	0,0002	0,022	0,000	<0,01	-	<0,01	-
P2	1	19/08/2017	<0,01	-	0,908	0,002	<0,01	-	<0,01	-	0,543	0,005	0,520	0,005	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-
P2	2	19/08/2017	<0,01	-	0,535	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,026	0,001	0,073	0,001	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-
P2	3	19/08/2017	<0,01	-	0,507	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,047	0,001	0,091	0,001	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-
P2	4	19/08/2017	<0,01	-	0,469	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,042	0,001	0,071	0,001	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-
P2	1	20/02/2018	1,353	0,012	1,255	0,005	<0,01	-	0,019	0,001	0,355	0,001	0,341	0,001	0,029	0,001	0,028	0,001	0,023	0,001	0,033	0,001
P2	2	20/02/2018	0,392	0,003	0,285	0,001	<0,01	-	<0,010	-	0,04	0,001	0,038	0,001	0,016	0,001	0,014	0,001	0,023	0,001	0,035	0,001
P2	3	20/02/2018	0,379	0,002	0,267	0,004	<0,01	-	0,013	0,001	0,046	0,001	0,048	0,001	0,01	0,001	0,011	0,001	0,024	0,001	0,036	0,001
P2	4	20/02/2018	0,307	0,004	0,232	0,002	<0,01	-	<0,010	-	0,037	0,001	0,042	0,001	0,011	0,001	0,010	0,001	0,026	0,001	0,033	0,001
P2	1	14/03/2018	0,810	0,017	0,523	0,003	<0,01	-	<0,010	-	0,091	0,001	0,091	0,001	0,016	0,001	0,018	0,001	<0,010	-	0,027	0,001
P2	2	14/03/2018	0,491	0,007	0,246	0,004	<0,01	-	<0,010	-	0,045	0,001	0,028	0,001	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-	0,027	0,002
P2	3	14/03/2018	0,835	0,016	0,328	0,001	<0,01	-	<0,010	-	0,044	0,001	0,041	0,001	<0,010	-	0,012	0,001	<0,010	-	0,028	0,001
P2	4	14/03/2018	0,359	0,003	0,248	0,001	<0,01	-	<0,010	-	0,039	0,001	0,038	0,001	<0,010	-	<0,010	-	<0,010	-	0,028	0,001
P2	1	30/07/2018	2,575	0,014	1,427	0,004	<0,01	-	<0,01	-	0,177	0,002	0,185	0,001	0,0362	0,0001	0,036	0,000	<0,010	-	0,011	0,000
P2	2	30/07/2018	9,211	0,006	1,181	0,007	<0,01	-	<0,01	-	0,136	0,001	0,112	0,001	0,0274	0,0001	0,022	0,000	<0,010	-	<0,01	-
P2	3	30/07/2018	1,786	0,022	0,528	0,002	<0,01	-	<0,01	-	0,0388	0,0002	0,040	0,000	0,0106	0,00001	0,010	0,000	<0,010	-	<0,01	-
P2	4	30/07/2018	2,303	0,008	0,270	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,0308	0,0003	0,044	0,001	0,0102	0,0001	<0,01	-	<0,010	-	<0,01	-

(continuação)

P3	1	19/08/2017	3,637	0,013	1,642	0,040	-	-	-	-	0,638	0,003	0,533	0,002	0,150	0,005	0,079	0,001	0,157	0,005	<0,01	-
P3	2	19/08/2017	4,169	0,011	2,154	0,011	-	-	-	-	0,435	0,001	0,406	0,001	0,222	0,005	0,134	0,001	0,164	0,004	<0,01	-
P3	3	19/08/2017	5,292	0,034	2,037	0,008	-	-	-	-	0,312	0,002	0,333	0,002	0,197	0,001	0,125	0,001	0,150	0,008	<0,01	-
P3	4	19/08/2017	4,335	0,019	1,766	0,006	-	-	-	-	0,340	0,001	0,313	0,002	0,288	0,005	0,109	0,001	0,484	0,013	<0,01	-
P3	1	14/01/2018	2,414	0,046	1,234	0,005	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,150	0,002	0,236	0,001	0,060	0,001	<0,01	-	<0,010	-	<0,01	<0,01
P3	2	14/01/2018	1,008	0,007	0,279	0,003	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,075	0,001	0,021	0,001	0,042	0,001	<0,01	-	<0,010	-	<0,01	<0,01
P3	3	14/01/2018	0,814	0,001	<0,103	<0,103	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,082	0,001	<0,01	<0,01	0,033	0,001	<0,01	-	<0,010	-	<0,01	<0,01
P3	4	14/01/2018	1,063	0,005	0,253	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,097	0,001	0,039	0,001	0,031	0,001	<0,01	-	<0,010	-	<0,01	<0,01
P3	1	20/02/2018	1,583	0,019	0,968	0,010	<0,01	-	0,013	0,001	0,375	0,004	0,405	0,003	0,065	0,001	0,068	0,001	0,027	0,002	0,031	0,001
P3	2	20/02/2018	1,321	0,004	0,376	0,003	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,090	0,001	0,075	0,001	0,033	0,001	0,029	0,001	0,021	0,002	0,025	0,001
P3	3	20/02/2018	0,431	0,004	0,312	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,078	0,005	0,073	0,001	0,030	0,001	0,027	0,001	0,019	0,001	0,027	0,001
P3	4	20/02/2018	0,496	0,004	0,390	0,002	<0,01	-	0,014	0,001	0,082	0,001	0,098	0,001	0,035	0,001	0,031	0,001	0,021	0,001	0,033	0,001
P3	1	14/03/2018	3,508	0,040	1,081	0,005	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,219	0,010	0,181	0,002	0,064	0,001	0,066	0,001	<0,010	-	0,021	0,001
P3	2	14/03/2018	1,336	0,015	0,813	0,002	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,134	0,001	0,124	0,001	0,050	0,001	0,051	0,001	<0,010	-	0,024	0,001
P3	3	14/03/2018	1,074	0,017	0,657	0,003	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,100	0,001	0,099	0,001	0,040	0,001	0,041	0,001	<0,010	-	0,023	0,001
P3	4	14/03/2018	0,866	0,012	0,500	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,071	0,001	0,094	0,001	0,031	0,001	0,033	0,001	<0,010	-	0,025	0,001
P3	1	15/04/2018	1,200	0,008	0,807	0,008	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,262	0,003	0,334	0,003	0,028	0,000	0,034	0,001	<0,01	-	0,010	0,000
P3	2	15/04/2018	1,188	0,005	0,991	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,065	0,001	0,100	0,001	0,046	0,000	0,050	0,001	<0,01	-	0,011	0,000
P3	3	15/04/2018	1,012	0,002	0,743	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,048	0,000	0,148	0,001	0,033	0,000	0,036	0,001	<0,01	-	0,011	0,000
P3	4	15/04/2018	-	-	0,300	0,001	-	-	<0,01	<0,01	-	-	0,242	0,001	-	-	0,031	0,031	-	-	0,011	0,000
P3	1	13/06/2018	5,840	0,050	1,328	0,027	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,312	0,002	0,400	0,002	0,303	0,003	0,338	0,002	<0,01	-	0,013	0,000
P3	2	13/06/2018	2,576	0,023	0,895	0,002	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,186	0,001	0,249	0,000	0,206	0,001	0,223	0,001	<0,01	-	0,012	0,000
P3	3	13/06/2018	1,988	0,002	0,723	0,003	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,127	0,000	0,186	0,000	0,163	0,000	0,169	0,000	<0,01	-	0,012	0,000
P3	4	13/06/2018	2,142	0,012	0,747	0,006	<0,01	-	<0,01	<0,01	0,129	0,000	0,223	0,002	0,169	0,001	0,178	0,000	<0,01	-	0,012	0,000
P3	1	30/07/2018	2,946	0,022	1,814	0,012	0,0145	0,0002	0,019	0,001	0,658	0,005	0,753	0,004	0,295	0,001	0,318	0,001	<0,01	-	0,014	0,000
P3	2	30/07/2018	3,51	0,01	1,704	0,002	0,0123	0,0001	0,013	0,001	0,4063	0,0001	0,466	0,002	0,271	0,001	0,280	0,001	<0,01	-	0,013	0,000
P3	3	30/07/2018	3,587	0,012	1,552	0,016	0,0164	0,0003	0,018	0,000	0,377	0,001	0,430	0,001	0,305	0,001	0,307	0,001	<0,01	-	0,014	0,000

(continuação)

P3	4	30/07/2018	4,452	0,012	1,720	0,008	0,00898	0,00017	0,016	0,000	0,464	0,002	0,536	0,000	0,238	0,001	0,249	0,000	<0,01	-	0,013	0,000
P3	1	27/09/2018	7,715	0,023	1,353	0,004	0,023	0,000	0,022	0,001	0,248	0,001	0,248	0,001	0,226	0,002	0,226	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01
P3	2	27/09/2018	4,372	0,030	0,836	0,005	0,016	0,000	0,013	0,001	0,161	0,001	0,133	0,001	0,146	0,000	0,111	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01
P3	3	27/09/2018	4,404	0,014	0,489	0,004	0,014	0,000	0,010	0,000	0,130	0,001	0,083	0,000	0,138	0,001	0,079	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01
P3	4	27/09/2018	3,298	0,043	0,574	0,004	0,015	0,000	0,019	0,000	0,112	0,000	0,125	0,001	0,130	0,000	0,101	0,001	<0,01	-	<0,01	<0,01

Fonte: Autor da tese

Tabela 23 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP OES ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 4

Ponto	Coletor	Data	Ti (T)	SD Ti (T)	Ti (D)	SD Ti (D)	Mn (T)	SD Mn (T)	Mn (D)	SD Mn (D)	Al (T)	SD Al (T)	Al (D)	SD Al (D)	Ca (T)	SD Ca (T)	Ca (D)	SD Ca (D)
P1	1	17/01/2017	-	-	-	-	<0,01	-	<0,01	-	0,568	0,032	0,173	0,001	3,886	0,0342	3,746	0,008
P1	2	17/01/2017	-	-	-	-	<0,01	-	<0,01	-	1,212	0,013	0,252	0,005	3,671	0,0490	3,545	0,040
P1	3	17/01/2017	-	-	-	-	<0,01	-	<0,01	-	1,097	0,022	0,289	0,003	3,738	0,0510	3,512	0,034
P1	4	17/01/2017	-	-	-	-	<0,01	-	<0,01	-	0,919	0,010	0,387	0,003	3,267	0,0690	3,429	0,015
P0	1	31/01/2017	-	-	-	-	0,063	0,001	0,055	0,001	3,060	0,005	0,854	0,023	5,681	0,008	5,549	0,035
P0	2	31/01/2017	-	-	-	-	0,031	0,001	0,028	0,001	0,869	0,001	0,450	0,018	6,088	0,002	5,573	0,037
P0	3	31/01/2017	-	-	-	-	<0,01	-	<0,010	-	0,216	0,002	0,079	0,007	4,933	0,001	4,726	0,042
P0	4	31/01/2017	-	-	-	-	<0,01	-	<0,010	-	0,252	0,003	0,094	0,001	3,868	0,001	3,923	0,004
P0	1	17/08/2017	-	-	-	-	0,058	0,001	0,080	0,001	3,080	0,105	0,554	0,007	5,653	0,057	7,300	0,006
P0	2	17/08/2017	-	-	-	-	0,025	0,001	0,051	0,001	2,134	0,099	0,558	0,013	5,438	0,028	6,716	0,052
P0	3	17/08/2017	-	-	-	-	0,018	0,001	<0,010	-	1,705	0,040	0,448	0,001	5,987	0,036	5,923	0,030
P0	4	17/08/2017	-	-	-	-	0,020	0,001	<0,010	-	1,661	0,180	0,392	0,001	4,617	0,008	5,485	0,189
P0	1	19/08/2017	-	-	-	-	0,150	0,001	0,142	0,001	6,457	0,050	1,231	0,032	9,657	0,048	11,601	0,036
P0	2	19/08/2017	-	-	-	-	<0,01	-	0,042	0,001	1,628	0,006	0,439	0,004	6,034	0,001	7,606	0,016
P0	3	19/08/2017	-	-	-	-	<0,01	-	0,036	0,001	1,132	0,005	0,330	0,004	6,389	0,035	7,378	0,010

(continuação)

P0	4	19/08/2017	-	-	-	-	<0,01	-	0,046	0,001	1,672	0,020	0,474	0,004	6,758	0,053	7,625	0,015
P0	1	16/01/2018	0,05	0,001	<0,010	-	0,073	0,001	<0,010	-	1,36	0,003	0,052	0,001	7,303	0,065	2,625	0,044
P0	2	16/01/2018	<0,01	<0,01	<0,010	-	0,042	0,001	0,018	0,001	0,358	0,003	0,062	0,001	6,851	0,097	3,612	0,075
P0	3	16/01/2018	<0,01	<0,01	<0,010	-	0,04	0,001	<0,010	-	0,272	0,001	<0,01	-	7,086	0,113	2,224	0,035
P0	4	16/01/2018	<0,01	<0,01	<0,010	-	0,039	0,001	0,012	0,001	0,291	0,001	0,064	0,049	6,26	0,088	2,307	0,028
P0	1	20/02/2018	0,013	0,001	<0,010	-	0,056	0,001	0,057	0,001	0,194	0,005	0,243	0,024	5,028	0,053	5,995	0,008
P0	2	20/02/2018	0,023	0,001	<0,010	-	0,053	0,001	0,050	0,001	0,47	0,005	0,300	0,007	8,668	0,083	9,685	0,035
P0	3	20/02/2018	0,027	0,001	0,011	0,001	0,051	0,001	0,047	0,001	0,516	0,002	0,356	0,011	5,468	0,041	6,260	0,022
P0	4	20/02/2018	0,033	0,001	0,012	0,001	0,046	0,001	0,037	0,001	0,698	0	0,281	0,002	5,268	0,091	5,205	0,001
P0	1	14/03/2018	0,051	0,001	0,018	0,001	0,105	0,001	0,101	0,001	2,797	0,054	0,765	0,003	11,434	0,056	12,441	0,056
P0	2	14/03/2018	0,016	0,001	0,019	0,001	0,065	0,001	0,061	0,001	1,032	5	0,481	0,011	8,344	0,016	8,641	0,037
P0	3	14/03/2018	0,056	0,001	0,016	0,001	0,057	0,001	0,033	0,001	2,653	0,617	0,311	0,009	7,191	0,046	4,538	0,010
P0	4	14/03/2018	0,013	0,001	0,019	0,001	0,059	0,001	0,056	0,001	0,954	0,01	0,483	0,011	7,997	0,031	8,069	0,013
P0	1	15/04/2018	0,0112	0,0001	<0,01	-	0,0752	0,0001	0,082	0,000	0,4983	0,0015	0,265	0,001	5,9560	0,0460	6,510	0,048
P0	2	15/04/2018	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,0596	0,0001	0,066	0,000	0,4240	0,0004	0,209	0,001	5,7770	0,0150	5,539	0,016
P0	3	15/04/2018	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,0710	0,0001	0,077	0,000	0,3150	0,0010	0,171	0,001	5,9960	0,0110	6,392	0,023
P0	4	15/04/2018	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,0669	0,0002	0,073	0,000	0,7148	0,0020	0,179	0,001	5,8020	0,0110	6,621	0,053
P0	1	13/06/2018	0,048	0,001	<0,01	-	0,1064	0,0003	0,106	0,001	3,736	0,0136	0,357	0,000	11,338	0,07	12,493	0,063
P0	2	13/06/2018	0,08	0,005	<0,01	-	0,0841	0,0001	0,082	0,000	6,1	0,0126	0,315	0,002	10,109	0,05	10,704	0,044
P0	3	13/06/2018	0,0477	0,0008	<0,01	-	0,0658	0,0001	0,063	0,000	2,728	0,0036	0,207	0,001	7,951	0,044	8,115	0,030
P0	1	30/07/2018	0,093	0,0003	0,018	0,000	0,33	0,0005	0,351	0,001	4,015	0,0045	2,209	0,012	30,843	0,22	34,632	0,369
P0	2	30/07/2018	0,089	0,002	0,016	0,000	0,3	0,001	0,305	0,001	1,109	0,0155	1,348	0,001	29,739	0,055	31,210	0,269
P0	3	30/07/2018	0,084	0,001	0,011	0,000	0,138	0,001	0,140	0,001	2,707	0,0045	0,866	0,002	11,859	0,045	12,629	0,058
P0	4	30/07/2018	0,252	0,003	0,026	0,000	0,193	0,001	0,170	0,000	8,934	0,0645	2,272	0,012	13,537	0,027	15,181	0,057
P0	1	27/09/2018	0,0503	0,0004	0,018	0,000	0,062	0,001	0,054	0,000	2,065	0,02	0,416	0,001	6,089	0,029	5,670	0,022
P0	2	27/09/2018	0,0331	0,0001	<0,01	-	0,0491	0,0001	0,040	0,000	1,631	0,006	0,243	0,001	5,576	0,043	4,703	0,027
P0	3	27/09/2018	0,02976	0,00002	<0,01	-	0,0474	0,0001	0,045	0,000	1,325	0,001	0,240	0,001	5,845	0,02	5,890	0,013

(continuação)

P0	4	27/09/2018	0,0239	0,0003	<0,01	-	0,0492	0,0002	0,032	0,001	1,273	0,012	0,150	0,001	6,466	0,04	4,520	0,032
P2	1	19/08/2017	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	2,145	0,020	0,506	0,018	8,477	0,081	9,729	0,037
P2	2	19/08/2017	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	0,872	0,001	0,227	0,006	5,608	0,011	6,745	0,030
P2	3	19/08/2017	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	1,133	0,007	0,206	0,001	5,553	0,018	6,177	0,060
P2	4	19/08/2017	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	1,275	0,003	0,193	0,002	5,062	0,037	5,796	0,012
P2	1	20/02/2018	0,013	0,001	0,016	0,001	<0,010	-	0,027	0,001	0,324	0,002	0,306	0,010	13,921	0,181	14,884	0,038
P2	2	20/02/2018	0,012	0,001	0,015	0,001	<0,010	-	<0,010	-	0,160	0,002	0,199	0,009	9,843	0,061	9,397	0,021
P2	3	20/02/2018	0,010	0,001	0,015	0,001	<0,010	-	<0,010	-	0,172	0,001	0,192	0,010	6,420	0,002	8,433	0,022
P2	4	20/02/2018	0,011	0,001	0,014	0,001	<0,010	-	<0,010	-	0,141	0,004	0,185	0,008	7,805	0,215	7,818	0,009
P2	1	14/03/2018	<0,01	-	0,013	0,001	0,01	0,001	0,014	0,001	0,561	0,011	0,220	0,012	8,147	0,032	9,173	0,016
P2	2	14/03/2018	<0,01	-	0,013	0,001	<0,010	-	<0,010	-	0,312	0,003	0,176	0,017	7,644	0,028	5,772	0,012
P2	3	14/03/2018	<0,01	-	0,013	0,001	<0,010	-	<0,010	-	0,749	0,010	0,198	0,008	7,183	0,014	7,963	0,016
P2	4	14/03/2018	<0,01	-	0,013	0,001	<0,010	-	<0,010	-	0,219	0,002	0,173	0,011	6,667	0,005	5,659	0,008
P2	1	30/07/2018	0,053	0,001	0,025	0,000	0,101	0,001	0,102	0,000	2,635	0,010	1,416	0,007	12,929	0,057	12,876	0,014
P2	2	30/07/2018	0,190	0,001	0,025	0,000	0,0963	0,0002	0,078	0,000	11,374	0,230	1,196	0,007	8,745	0,016	8,470	0,027
P2	3	30/07/2018	0,043	0,001	0,015	0,000	0,0258	0,0001	0,024	0,000	1,797	0,013	0,491	0,001	3,975	0,004	3,989	0,015
P2	4	30/07/2018	0,039	0,001	<0,01	<0,01	0,016	0,0001	0,014	0,000	2,348	0,015	0,182	0,001	3,736	0,02	3,624	0,010
P3	1	19/08/2017	-	-	-	-	0,639	0,003	0,135	0,001	4,026	0,044	0,830	0,015	13,239	0,133	17,801	0,254
P3	2	19/08/2017	-	-	-	-	0,277	0,004	0,214	0,001	4,312	0,022	1,190	0,030	22,123	0,087	30,320	0,376
P3	3	19/08/2017	-	-	-	-	0,263	0,004	0,174	0,001	5,929	0,250	1,174	0,017	21,883	0,075	28,174	0,599
P3	4	19/08/2017	-	-	-	-	0,499	0,004	0,138	0,001	5,555	0,230	0,940	0,018	33,122	0,006	25,602	0,045
P3	1	14/01/2018	0,076	0,010	<0,01	-	0,056	0,001	0,060	0,001	1,591	0,024	0,474	0,001	18,456	0,306	22,443	0,463
P3	2	14/01/2018	<0,011	<0,011	<0,01	-	0,018	0,001	<0,01	<0,01	0,270	0,001	0,030	0,001	16,815	0,344	6,114	0,056
P3	3	14/01/2018	<0,011	<0,011	<0,01	-	<0,010	-	<0,01	<0,01	0,206	0,002	<0,011	<0,011	15,524	0,192	2,853	0,029
P3	4	14/01/2018	0,015	0,001	<0,01	-	0,017	0,001	<0,01	<0,01	0,667	0,002	0,063	0,001	14,265	0,213	6,666	0,089
P3	1	20/02/2018	0,037	0,001	0,017	0,001	0,070	0,001	0,073	0,001	1,122	0,012	0,412	0,005	13,244	0,167	14,714	0,147
P3	2	20/02/2018	0,047	0,001	0,012	0,001	0,043	0,001	0,036	0,001	1,306	0,006	0,273	0,005	8,214	0,169	7,602	0,004

(continuação)

P3	3	20/02/2018	0,012	0,001	0,013	0,001	0,027	0,001	0,025	0,001	0,325	0,013	0,239	0,006	8,002	0,088	7,851	0,001
P3	4	20/02/2018	<0,010	<0,010	0,014	0,001	0,018	0,001	0,019	0,001	0,251	0,005	0,220	0,009	9,176	0,083	8,723	0,044
P3	1	14/03/2018	0,099	0,001	0,016	0,001	0,137	0,001	0,135	0,001	4,158	0,034	0,720	0,002	12,736	0,123	15,400	0,079
P3	2	14/03/2018	0,033	0,001	0,017	0,001	0,087	0,001	0,088	0,001	1,184	0,037	0,527	0,005	10,261	0,071	11,949	0,068
P3	3	14/03/2018	0,023	0,001	0,015	0,001	0,049	0,001	0,052	0,001	0,850	0,001	0,396	0,007	8,661	0,021	9,892	0,019
P3	4	14/03/2018	0,016	0,001	0,013	0,001	0,023	0,001	0,027	0,001	0,666	0,007	0,278	0,001	7,074	0,013	8,219	0,027
P3	1	15/04/2018	0,018	0,001	<0,01	-	0,012	0,000	0,013	0,000	0,903	0,026	0,203	0,003	6,010	0,051	7,374	0,068
P3	2	15/04/2018	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,803	0,004	0,232	0,001	10,046	0,045	11,211	0,019
P3	3	15/04/2018	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,640	0,008	0,175	0,001	7,989	0,021	6,393	0,029
P3	4	15/04/2018	-	-	<0,01	-	-	-	<0,01	<0,01	-	-	0,029	0,001	-	-	9,048	0,037
P3	1	13/06/2018	0,167	0,006	<0,01	-	0,117	0,001	0,121	0,001	6,117	0,049	0,529	0,005	56,521	0,428	64,230	0,250
P3	2	13/06/2018	0,043	0,002	<0,01	-	0,072	0,000	0,078	0,000	2,409	0,009	0,313	0,001	38,708	0,688	43,520	0,078
P3	3	13/06/2018	0,038	0,003	<0,01	-	0,058	0,000	0,060	0,000	1,873	0,007	0,250	0,001	30,091	0,382	32,286	0,044
P3	4	13/06/2018	0,036	0,002	<0,01	-	0,061	0,000	0,065	0,000	2,096	0,017	0,271	0,001	31,531	0,088	34,411	0,118
P3	1	30/07/2018	0,068	0,0005	0,016	0,000	0,359	0,003	0,394	0,002	3,675	0,032	1,802	0,003	2,4684	0,0387	62,058	0,119
P3	2	30/07/2018	0,0848	0,0003	0,015	0,000	0,335	0,001	0,349	0,001	4,295	0,02	1,774	0,006	2,1604	0,0287	54,413	0,248
P3	3	30/07/2018	0,086	0,001	0,015	0,000	0,336	0,001	0,343	0,001	4,408	0,022	1,417	0,008	2,6154	0,0037	58,416	0,569
P3	4	30/07/2018	0,1084	0,0002	0,017	0,000	0,280	0,0003	0,292	0,001	5,539	0,028	1,572	0,006	1,8454	0,0087	47,346	0,115
P3	1	27/09/2018	0,151	0,002	0,016	0,000	0,103	0,001	0,149	0,000	8,755	0,045	1,059	0,001	40,074	0,013	42,559	0,375
P3	2	27/09/2018	0,072	0,001	0,013	0,000	0,108	0,001	0,080	0,000	4,570	0,043	0,631	0,003	24,900	0,036	20,247	0,165
P3	3	27/09/2018	0,060	0,001	<0,01	-	<0,01	-	0,045	0,000	4,689	0,034	0,318	0,002	24,182	0,230	14,334	0,025
P3	4	27/09/2018	0,042	0,009	<0,01	-	<0,01	-	0,050	0,000	3,442	0,025	0,310	0,001	22,422	0,144	18,252	0,129

Fonte: Autor da tese

Tabela 24 - Dados brutos de concentração dos elementos inorgânicos via ICP OES ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Parte 5

Ponto	Coletor	Data	Fe (T)	SD Fe (T)	Fe (D)	SD Fe (D)	K (T)	SD K (T)	Mg (T)	SD Mg (T)	Na (T)	SD Na (T)
P1	1	17/01/2017	0,501	0,0123	0,207	0,001	0,999	0,001	2,128	0,054	<0,5	-
P1	2	17/01/2017	0,588	0,0580	0,129	0,001	1,228	0,006	3,652	0,043	<0,5	-
P1	3	17/01/2017	0,422	0,0490	0,130	0,001	1,286	0,007	3,778	0,049	<0,5	-
P1	4	17/01/2017	0,450	0,0100	0,137	0,005	1,176	0,008	3,054	0,030	<0,5	-
P0	1	31/01/2017	2,254	0,001	0,813	0,003	3,805	0,001	1,104	0,001	0,438	0,004
P0	2	31/01/2017	0,662	0,001	0,452	0,001	3,119	0,001	0,789	0,001	0,707	0,002
P0	3	31/01/2017	0,165	0,002	<0,1	-	2,444	0,001	0,522	0,002	0,370	0,002
P0	4	31/01/2017	0,181	0,003	<0,1	-	2,092	0,002	0,463	0,003	0,406	0,003
P0	1	17/08/2017	2,792	0,023	1,016	0,008	3,295	0,001	0,813	0,008	1,381	0,036
P0	2	17/08/2017	2,048	0,009	0,687	0,003	3,664	0,004	0,749	0,004	1,524	0,020
P0	3	17/08/2017	1,348	0,008	0,523	0,001	3,972	0,015	0,714	0,001	1,580	0,005
P0	4	17/08/2017	1,192	0,005	0,433	0,001	3,961	0,008	0,629	0,006	1,432	0,016
P0	1	19/08/2017	6,476	0,037	3,098	0,003	<0,5	-	1,698	0,002	1,397	0,026
P0	2	19/08/2017	1,318	0,017	0,608	0,002	<0,5	-	0,856	0,002	1,364	0,006
P0	3	19/08/2017	0,932	0,005	0,434	0,002	<0,5	-	0,847	0,002	1,401	0,011
P0	4	19/08/2017	1,302	0,010	0,556	0,002	<0,5	-	0,895	0,004	1,392	0,013
P0	1	16/01/2018	2,378	0,011	0,201	0,002	5,840	0,033	1,187	0,007	<0,5	-
P0	2	16/01/2018	0,559	0,002	0,174	0,001	6,694	0,016	1,025	0,015	0,601	0,006
P0	3	16/01/2018	0,432	0,003	<0,1	-	7,781	0,064	1,035	0,016	0,621	0,008
P0	4	16/01/2018	0,435	0,004	0,112	0,002	5,736	0,036	0,891	0,015	<0,5	-
P0	1	20/02/2018	0,716	0,006	0,696	0,001	6,808	0,022	0,833	0,02	<0,5	0,0030
P0	2	20/02/2018	0,795	0,006	0,600	0,004	10,022	0,034	1	0,032	0,5150	0,0010
P0	3	20/02/2018	0,637	0,001	0,412	0,001	5,718	0,008	0,923	0,008	<0,5	0,0020
P0	4	20/02/2018	0,621	0,001	0,246	0,002	6,742	0,061	0,825	0,015	<0,5	0,0100
P0	1	14/03/2018	2,225	0,002	0,593	0,002	9,909	0,019	1,828	0,007	<0,5	-

(continuação)

P0	2	14/03/2018	0,844	0,007	0,271	0,001	6,750	0,019	1,266	0,004	0,597	0,002
P0	3	14/03/2018	1,757	0,011	0,136	0,001	5,891	0,058	1,185	0,01	<0,5	-
P0	4	14/03/2018	0,737	0,001	0,244	0,001	4,996	0,033	1,082	0,006	<0,5	-
P0	1	15/04/2018	0,8410	0,0040	0,715	0,001	6,866	0,107	0,8370	0,0080	<0,5	-
P0	2	15/04/2018	0,2180	0,0010	0,276	0,001	7,796	0,045	0,7890	0,0010	<0,5	-
P0	3	15/04/2018	0,3020	0,0030	0,188	0,001	8,882	0,065	0,8380	0,0020	<0,5	-
P0	4	15/04/2018	0,2920	0,0030	0,153	0,001	8,572	0,065	0,8110	0,0020	<0,5	-
P0	1	13/06/2018	2,093	0,004	0,634	0,003	12,586	0,049	1,859	0,013	1,342	0,003
P0	2	13/06/2018	1,981	0,007	0,171	0,001	14,010	0,091	1,599	0,002	1,168	0,009
P0	3	13/06/2018	1,099	0,002	0,153	0,000	12,209	0,037	1,2833	0,0009	1,004	0,004
P0	1	30/07/2018	3,272	0,016	1,937	0,023	21,877	0,069	5,017	0,027	2,113	0,007
P0	2	30/07/2018	2,465	0,012	1,060	0,010	23,484	0,114	5,031	0,008	2,218	0,015
P0	3	30/07/2018	2,511	0,006	0,937	0,002	9,476	0,060	1,989	0,017	0,812	0,005
P0	4	30/07/2018	6,438	0,017	2,407	0,008	4,918	0,014	2,352	0,006	<0,5	-
P0	1	27/09/2018	1,285	0,004	0,462	0,007	5,550	0,043	0,976	0,015	0,3629	0,0025
P0	2	27/09/2018	0,817	0,002	0,179	0,003	4,609	0,018	0,804	0,006	0,2929	0,0005
P0	3	27/09/2018	0,617	0,002	0,152	0,001	5,148	0,021	0,87	0,005	0,3499	0,0015
P0	4	27/09/2018	0,54	0,001	<0,1	-	5,817	0,036	0,935	0,007	0,3809	0,0025
P2	1	19/08/2017	2,925	0,023	0,697	0,002	3,044	0,012	3,696	0,021	1,643	0,012
P2	2	19/08/2017	0,876	0,002	0,210	0,001	2,915	0,009	4,219	0,01	1,628	0,013
P2	3	19/08/2017	1,222	0,005	0,242	0,002	2,797	0,032	4,600	0,04	1,685	0,006
P2	4	19/08/2017	1,283	0,002	0,240	0,003	2,660	0,062	4,641	0,03	1,613	0,017
P2	1	20/02/2018	0,321	0,003	0,133	0,001	15,075	0,104	3,88	0,051	0,655	0,002
P2	2	20/02/2018	0,105	0,004	<0,100	-	3,899	0,014	2,448	0,012	<0,5	-
P2	3	20/02/2018	0,099	0,001	<0,100	-	2,578	0,006	1,763	0,031	<0,5	-
P2	4	20/02/2018	0,128	0,005	<0,100	-	3,199	0,071	1,976	0,09	<0,5	-
P2	1	14/03/2018	0,332	0,001	<0,100	-	3,503	0,003	2,176	0,016	<0,5	-

(continuação)

P2	2	14/03/2018	0,19	0,003	<0,100	-	2,619	0,022	1,601	0,01	<0,5	-
P2	3	14/03/2018	0,367	0,001	<0,100	-	2,431	0,015	1,488	0,002	<0,5	-
P2	4	14/03/2018	0,105	0,003	<0,100	-	2,251	0,01	1,34	0,004	<0,5	-
P2	1	30/07/2018	2,167	0,005	1,439	0,004	4,299	0,006	3,975	0,023	<0,5	-
P2	2	30/07/2018	5,568	0,011	1,096	0,004	2,327	0,023	2,503	0,004	<0,5	-
P2	3	30/07/2018	1,077	0,003	0,353	0,002	1,466	0,006	1,178	0,004	<0,5	-
P2	4	30/07/2018	1,122	0,008	0,127	0,001	1,899	0,015	1,463	0,01	<0,5	-
P3	1	19/08/2017	2,696	0,021	0,792	0,002	4,780	0,016	2,498	0,025	1,783	0,028
P3	2	19/08/2017	4,079	0,024	1,437	0,013	7,488	0,018	4,310	0,011	2,350	0,022
P3	3	19/08/2017	4,121	0,009	1,099	0,007	6,922	0,054	4,095	0,013	2,103	0,031
P3	4	19/08/2017	4,974	0,033	0,939	0,005	11,415	0,096	5,884	0,042	3,377	0,053
P3	1	14/01/2018	1,031	0,005	0,303	0,004	6,151	0,059	1,579	0,035	1,380	0,004
P3	2	14/01/2018	0,286	0,002	<0,1	-	5,241	0,038	1,154	0,010	1,399	0,033
P3	3	14/01/2018	0,188	0,001	<0,1	-	4,535	0,031	0,936	0,021	1,159	0,016
P3	4	14/01/2018	0,438	0,005	<0,1	-	4,228	0,004	0,919	0,019	1,142	0,005
P3	1	20/02/2018	1,027	0,014	0,416	0,004	11,480	0,289	2,483	0,022	0,900	0,024
P3	2	20/02/2018	1,213	0,009	0,114	0,001	4,931	0,087	1,231	0,026	0,726	0,013
P3	3	20/02/2018	0,208	0,002	<0,1	<0,100	4,849	0,014	1,159	0,026	0,654	0,001
P3	4	20/02/2018	0,112	0,006	<0,1	<0,100	5,467	0,045	1,443	0,014	0,782	0,006
P3	1	14/03/2018	3,223	0,030	0,574	0,003	6,171	0,042	2,779	0,037	0,753	0,004
P3	2	14/03/2018	0,898	0,006	0,299	0,001	4,641	0,038	2,039	0,011	0,896	0,008
P3	3	14/03/2018	0,631	0,001	0,174	0,001	4,064	0,025	1,689	0,008	0,737	0,005
P3	4	14/03/2018	0,458	0,001	<0,1	<0,105	3,395	0,009	1,362	0,002	0,585	0,002
P3	1	15/04/2018	0,535	0,005	<0,1	<0,10	2,99100	0,016	0,852	0,009	1,53900	0,003
P3	2	15/04/2018	0,411	0,003	<0,1	<0,10	4,38400	0,027	1,426	0,009	1,75200	0,003
P3	3	15/04/2018	0,281	0,003	<0,1	<0,10	3,94200	0,011	0,966	0,002	1,57400	0,002
P3	4	15/04/2018	-	-	<0,1	<0,10	-	-	-	-	-	-

(continuação)

P3	1	13/06/2018	2,528	0,008	0,233	0,003	28,011	0,346	11,471	0,387	2,806	0,073
P3	2	13/06/2018	0,764	0,006	<0,1	<0,1	21,149	0,449	8,359	0,089	2,071	0,062
P3	3	13/06/2018	0,622	0,004	<0,1	<0,1	16,747	0,348	6,641	0,091	1,495	0,046
P3	4	13/06/2018	0,698	0,002	<0,1	<0,1	17,302	0,128	6,708	0,168	1,470	0,012
P3	1	30/07/2018	2,675	0,023	1,196	0,004	26,378	0,388	11,044	0,15	2,468	0,039
P3	2	30/07/2018	2,785	0,012	1,077	0,005	25,229	0,225	10,013	0,043	2,160	0,029
P3	3	30/07/2018	2,791	0,005	0,812	0,001	30,095	0,032	11,124	0,06	2,615	0,004
P3	4	30/07/2018	3,834	0,005	1,171	0,002	20,531	0,075	8,611	0,055	1,845	0,009
P3	1	27/09/2018	3,770	0,008	0,772	0,002	16,660	0,056	7,217	0,030	1,155	0,004
P3	2	27/09/2018	2,030	0,015	0,427	0,010	9,423	0,046	4,546	0,010	0,774	0,001
P3	3	27/09/2018	2,111	0,004	0,135	0,002	9,521	0,075	4,402	0,040	0,906	0,008
P3	4	27/09/2018	1,063	0,003	<0,1	<0,1	9,519	0,029	4,135	0,003	1,006	0,002

Fonte: Autor da tese

ANEXO F

Figura 59 - Matriz de correlação entre os parâmetros físico-químicos, COT, metais e elementos-traço em água de escoamento superficial

Correlations (Spreadsheets5) Marked correlations are significant at p < .05000 N=50 (Casewise deletion of missing data)

	pH	EC	OD	T	ST	STV	STF	Precip.	COT	Cr (T)	Cr (D)	Ni (T)	Cu (T)	Cu (D)	Sb (T)	La (T)	La (D)	Pb (T)	Pb (D)	Th (T)	U (T)	U (D)	Ce (T)	Ce (D)	Si (T)	Si (D)	Zn (T)	Zn (D)	Sr (T)	Sr (D)	Ti (T)	Ti (D)	Mn (T)	Mn (D)	Al (T)	Al (D)	Ca (T)	Ca (D)	Fe (T)	Fe (D)	K (T)	Mg (T)	Na (T)
pH	1.00	0.15	0.52	0.05	-0.10	-0.14	0.00	-0.18	-0.07	0.02	0.04	0.01	-0.07	-0.04	0.03	-0.14	-0.03	-0.22	-0.15	-0.34	-0.56	-0.51	-0.21	-0.17	-0.25	-0.18	-0.05	0.00	0.08	0.04	-0.14	-0.39	-0.56	-0.47	-0.14	-0.27	0.25	0.15	-0.18	-0.39	-0.19	0.33	0.49
EC	0.15	1.00	0.32	-0.13	0.83	0.72	0.61	-0.27	0.89	0.22	0.22	0.37	0.88	0.84	0.08	0.28	0.25	0.01	0.03	0.00	0.11	0.05	0.46	0.48	0.51	0.41	0.39	0.50	0.91	0.90	0.59	-0.20	0.39	0.43	0.54	0.19	0.91	0.90	0.29	0.02	0.85	0.88	0.68
OD	0.52	0.32	1.00	-0.16	0.03	-0.23	0.33	-0.63	0.15	-0.14	-0.02	0.13	0.08	0.03	0.16	-0.26	-0.28	0.03	0.06	-0.21	-0.28	-0.37	-0.25	-0.31	-0.25	-0.11	0.12	0.08	0.12	0.09	-0.19	-0.57	-0.42	-0.43	-0.20	-0.46	0.20	0.12	-0.20	-0.24	0.10	0.30	0.40
T	0.05	-0.13	-0.16	1.00	-0.07	-0.02	-0.10	0.06	-0.14	-0.03	-0.13	0.09	-0.16	-0.15	0.43	-0.14	-0.08	-0.15	-0.14	-0.08	-0.09	-0.07	-0.18	-0.18	-0.13	-0.19	-0.16	-0.18	-0.12	-0.12	-0.07	0.30	-0.15	-0.13	-0.17	-0.03	-0.06	-0.06	-0.20	-0.12	-0.15	-0.08	-0.25
ST	-0.10	0.83	0.03	-0.07	1.00	0.84	0.78	-0.09	0.84	0.34	0.34	0.41	0.87	0.87	0.08	0.46	0.35	0.18	0.19	0.19	0.31	0.34	0.66	0.66	0.68	0.61	0.46	0.62	0.84	0.87	0.68	-0.05	0.54	0.60	0.71	0.43	0.80	0.87	0.46	0.19	0.86	0.80	0.59
STV	-0.14	0.72	-0.23	-0.02	0.84	1.00	0.31	0.09	0.78	0.39	0.32	0.31	0.80	0.80	0.05	0.53	0.43	0.13	0.14	0.17	0.29	0.29	0.69	0.67	0.66	0.55	0.40	0.53	0.79	0.82	0.72	0.13	0.64	0.71	0.69	0.53	0.76	0.82	0.50	0.20	0.76	0.71	0.42
STF	0.00	0.61	0.33	-0.10	0.78	0.31	1.00	-0.25	0.57	0.15	0.23	0.36	0.59	0.60	0.08	0.18	0.12	0.16	0.17	0.14	0.21	0.26	0.35	0.37	0.43	0.44	0.35	0.47	0.55	0.58	0.35	-0.24	0.20	0.23	0.44	0.14	0.52	0.57	0.23	0.11	0.62	0.58	0.55
Precip.	-0.18	-0.27	-0.63	0.06	-0.09	0.09	-0.25	1.00	-0.23	0.19	0.07	-0.18	-0.10	-0.08	-0.10	0.31	0.35	-0.01	-0.11	0.11	0.20	0.22	0.25	0.27	0.02	-0.09	-0.16	-0.11	-0.07	0.06	0.55	0.15	0.07	0.45	-0.14	-0.08	0.12	0.01	-0.23	-0.12	-0.37	-0.37	0.55
COT	-0.07	0.89	0.15	-0.14	0.84	0.78	0.57	-0.23	1.00	0.05	0.08	0.15	0.85	0.85	-0.06	0.21	0.15	-0.02	0.02	0.04	0.21	0.15	0.45	0.48	0.62	0.45	0.25	0.42	0.88	0.90	0.60	-0.10	0.50	0.56	0.58	0.16	0.83	0.85	0.23	-0.03	0.88	0.74	0.55
Cr (T)	0.02	0.22	-0.14	-0.03	0.34	0.39	0.15	0.19	0.05	1.00	0.73	0.73	0.38	0.27	0.13	0.86	0.66	0.50	0.39	0.48	0.27	0.18	0.76	0.61	0.40	0.40	0.53	0.47	0.18	0.18	0.55	-0.12	0.42	0.35	0.63	0.63	0.17	0.25	0.87	0.40	0.15	0.35	0.29
Cr (D)	0.04	0.22	-0.02	-0.13	0.34	0.32	0.23	0.07	0.08	0.73	1.00	0.67	0.35	0.36	0.03	0.81	0.76	0.67	0.71	0.25	0.13	0.34	0.73	0.68	0.32	0.53	0.62	0.61	0.16	0.15	0.41	-0.18	0.36	0.40	0.52	0.72	0.19	0.28	0.72	0.58	0.15	0.28	0.34
Ni (T)	0.01	0.37	0.13	0.09	0.41	0.31	0.36	-0.18	0.15	0.73	0.67	1.00	0.35	0.31	0.44	0.55	0.49	0.46	0.48	0.30	0.18	0.20	0.52	0.49	0.30	0.54	0.64	0.60	0.22	0.19	0.41	-0.21	0.34	0.34	0.40	0.48	0.26	0.33	0.62	0.55	0.32	0.39	0.31
Cu (T)	-0.07	0.88	0.08	-0.16	0.87	0.80	0.59	-0.10	0.85	0.38	0.35	0.35	1.00	0.92	-0.03	0.52	0.42	0.17	0.13	0.19	0.33	0.24	0.69	0.65	0.65	0.50	0.47	0.55	0.94	0.93	0.74	-0.02	0.60	0.58	0.69	0.41	0.88	0.90	0.50	0.10	0.86	0.80	0.61
Cu (D)	-0.04	0.84	0.03	-0.15	0.87	0.80	0.60	-0.08	0.85	0.27	0.36	0.31	0.92	1.00	-0.02	0.44	0.47	0.11	0.20	0.01	0.15	0.22	0.62	0.71	0.62	0.66	0.42	0.63	0.92	0.95	0.69	-0.01	0.53	0.64	0.65	0.50	0.86	0.94	0.38	0.14	0.82	0.80	0.64
Sb (T)	0.03	0.08	0.16	0.43	0.08	0.05	0.08	-0.10	-0.06	0.13	0.03	0.44	-0.03	-0.02	1.00	-0.06	-0.06	0.04	0.06	-0.07	-0.13	-0.11	-0.08	-0.10	-0.02	0.23	0.32	0.26	-0.05	-0.04	-0.04	0.21	-0.17	-0.08	-0.10	0.05	0.05	0.96	-0.10	-0.07	0.17	0.13	-0.10
La (T)	-0.14	0.28	-0.26	-0.14	0.46	0.53	0.18	0.31	0.21	0.86	0.81	0.55	0.52	0.44	-0.06	1.00	0.81	0.60	0.51	0.53	0.44	0.45	0.95	0.81	0.53	0.48	0.54	0.49	0.31	0.32	0.61	0.02	0.62	0.58	0.74	0.79	0.28	0.35	0.92	0.53	0.28	0.35	0.27
La (D)	-0.03	0.25	-0.28	-0.08	0.35	0.43	0.12	0.35	0.15	0.66	0.76	0.49	0.42	0.47	-0.06	0.81	1.00	0.49	0.48	0.16	0.07	0.23	0.74	0.87	0.36	0.52	0.49	0.49	0.31	0.33	0.50	0.09	0.55	0.59	0.51	0.78	0.28	0.37	0.66	0.53	0.18	0.31	0.24
Pb (T)	-0.22	0.01	0.03	-0.15	0.18	0.13	0.16	-0.01	-0.02	0.50	0.67	0.46	0.17	0.11	0.04	0.60	0.49	1.00	0.92	0.32	0.20	0.34	0.53	0.40	0.07	0.35	0.58	0.44	-0.07	-0.06	0.07	-0.26	0.23	0.20	0.24	0.38	-0.09	-0.03	0.55	0.59	0.06	0.04	0.02
Pb (D)	-0.15	0.03	0.06	-0.14	0.19	0.14	0.17	-0.11	0.02	0.39	0.71	0.48	0.13	0.20	0.06	0.51	0.48	0.92	1.00	0.15	0.06	0.31	0.45	0.42	0.06	0.51	0.56	0.54	-0.05	-0.03	0.06	-0.29	0.18	0.25	0.20	0.43	-0.04	0.06	0.44	0.62	0.08	0.06	0.09
Th (T)	-0.34	0.00	-0.21	-0.08	0.19	0.17	0.14	0.11	0.04	0.48	0.25	0.30	0.19	0.01	-0.07	0.53	0.16	0.32	0.15	1.00	0.77	0.37	0.54	0.23	0.48	0.10	0.24	0.07	0.02	-0.01	0.41	0.02	0.43	0.20	0.53	0.20	-0.02	-0.04	0.71	0.26	0.15	-0.04	-0.05
U (T)	-0.56	0.11	-0.28	-0.09	0.31	0.29	0.21	0.20	0.21	0.27	0.13	0.18	0.33	0.15	-0.13	0.44	0.07	0.20	0.06	0.77	1.00	0.74	0.54	0.27	0.44	0.14	0.08	0.01	0.19	0.17	0.39	0.22	0.56	0.37	0.43	0.33	0.11	0.10	0.53	0.32	0.31	0.02	-0.09
U (D)	-0.51	0.05	-0.37	-0.07	0.34	0.29	0.26	0.22	0.15	0.18	0.34	0.20	0.24	0.22	-0.11	0.45	0.23	0.34	0.31	0.37	0.74	1.00	0.55	0.44	0.38	0.37	0.12	0.18	0.11	0.14	0.26	0.21	0.49	0.49	0.39	0.56	0.06	0.12	0.42	0.60	0.27	0.00	-0.03
Ce (T)	-0.21	0.46	-0.25	-0.18	0.66	0.69	0.35	0.25	0.45	0.76	0.73	0.52	0.69	0.62	-0.08	0.95	0.74	0.53	0.45	0.54	0.54	0.55	1.00	0.86	0.67	0.56	0.55	0.56	0.51	0.53	0.70	0.02	0.71	0.68	0.84	0.77	0.46	0.53	0.90	0.50	0.50	0.49	0.39
Ce (D)	-0.17	0.48	-0.31	-0.18	0.66	0.67	0.37	0.27	0.48	0.61	0.68	0.49	0.65	0.71	-0.10	0.81	0.87	0.40	0.42	0.23	0.27	0.44	0.86	1.00	0.64	0.71	0.46	0.58	0.55	0.59	0.66	0.03	0.71	0.79	0.75	0.80	0.49	0.60	0.71	0.52	0.50	0.52	0.42
Si (T)	-0.25	0.51	-0.25	-0.13	0.68	0.66	0.43	0.02	0.62	0.40	0.32	0.30	0.65	0.62	-0.02	0.53	0.36	0.07	0.06	0.48	0.44	0.38	0.67	0.64	1.00	0.62	0.28	0.37	0.60	0.58	0.87	0.16	0.73	0.72	0.92	0.43	0.56	0.58	0.59	0.15	0.72	0.37	0.37
Si (D)	-0.18	0.41	-0.11	-0.19	0.61	0.55	0.44	-0.09	0.45	0.40	0.53	0.54	0.50	0.66	0.23	0.48	0.52	0.35	0.51	0.10	0.14	0.37	0.56	0.71	0.62	1.00	0.50	0.71	0.43	0.47	0.52	-0.02	0.54	0.70	0.59	0.64	0.40	0.54	0.45	0.45	0.58	0.38	0.44
Zn (T)	-0.05	0.39	0.12	-0.16	0.46	0.40	0.35	-0.15	0.25	0.53	0.62	0.64	0.47	0.42	0.32	0.54	0.49	0.58	0.56	0.24	0.08	0.12	0.55	0.46	0.28	0.50	1.00	0.89	0.32	0.32	0.33	-0.07	0.25	0.26	0.36	0.39	0.34	0.37	0.54	0.40	0.40	0.35	0.34
Zn (D)	0.00	0.50	0.08	-0.18	0.62	0.53	0.47	-0.16	0.42	0.47	0.61	0.60	0.55	0.63	0.26	0.49	0.49	0.44	0.54	0.07	0.01	0.18	0.56	0.58	0.37	0.71	0.89	1.00	0.47	0.50	0.38	-0.11	0.27	0.39	0.45	0.51	0.47	0.57	0.46	0.37	0.50	0.51	0.53
Sr (T)	0.08	0.91	0.12	-0.12	0.84	0.79	0.55	-0.11	0.88	0.18	0.16	0.22	0.94	0.92	-0.05	0.31	0.31	-0.07	-0.05	0.02	0.19	0.11	0.51	0.55	0.60	0.43	0.32	0.47	1.00	0.98	0.69	0.02	0.49	0.52	0.59	0.29	0.97	0.96	0.29	-0.06	0.86	0.83	0.64
Sr (D)	0.04	0.90	0.09	-0.12	0.87	0.82	0.58	-0.07	0.90	0.18	0.15	0.19	0.93	0.95	-0.04	0.32	0.33	-0.0																									

ANEXO G

Tabela 25 - Dados fatorais (variáveis) da Análise de Componentes Principais

Factor Loadings (Varimax normalized) (Spreadsheet5) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)						
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Coletor	-0,13	-0,18	0,16	-0,71	-0,02	-0,11
Data do evento	0,54	-0,09	-0,57	-0,20	0,08	0,42
Trajectoria	0,37	0,30	0,67	-0,12	0,18	0,23
Estação do ano	0,13	0,07	0,91	0,04	-0,07	0,06
Ecotoxicidade	-0,06	0,78	-0,14	0,07	-0,30	0,01
pH	0,12	0,08	0,55	0,05	-0,54	-0,32
EC	0,93	-0,06	0,17	0,11	-0,10	-0,03
OD	0,10	-0,53	0,57	0,17	-0,41	-0,13
Temperatura	-0,14	0,13	-0,92	0,00	0,16	-0,07
ST	0,88	0,06	0,13	0,26	0,18	0,21
STV	0,81	0,43	-0,11	0,16	0,10	0,10
STF	0,59	-0,39	0,36	0,27	0,19	0,25
Precipitação	-0,09	0,54	-0,39	-0,16	0,58	-0,02
COT	0,92	-0,06	0,10	-0,07	0,00	0,16
Cr (T)	0,09	0,77	0,20	0,42	0,00	0,15
Cr (D)	0,05	0,54	0,25	0,69	0,15	0,01
Ni (T)	0,15	0,22	0,12	0,79	-0,15	-0,02
Ni (D)	0,29	0,08	-0,08	0,82	-0,11	0,00
Cu (T)	0,92	0,19	0,03	0,10	0,11	0,06
Cu (D)	0,92	0,18	0,02	0,20	0,04	0,05
Cd (T)	0,64	0,32	0,35	0,36	0,08	-0,04
Cd (D)	-0,02	0,08	-0,21	-0,04	0,69	-0,22
Sb (T)	0,02	-0,29	-0,25	0,49	-0,25	0,06
Sb (D)	0,64	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07
La (T)	0,20	0,80	0,12	0,37	0,32	0,19
La (D)	0,24	0,78	-0,03	0,47	0,07	-0,11
Pb (T)	-0,19	0,24	0,31	0,68	0,32	0,04
Pb (D)	-0,13	0,19	0,29	0,80	0,22	0,01
Th (T)	-0,04	0,35	0,07	0,12	0,44	0,73
U (T)	0,17	0,10	-0,16	-0,09	0,82	0,35
U (D)	0,10	0,10	-0,13	0,15	0,87	0,18
Ce (T)	0,44	0,67	0,13	0,30	0,40	0,24
Ce (D)	0,55	0,68	0,05	0,33	0,21	0,10
Si (T)	0,60	0,29	-0,19	0,02	0,01	0,68
Si (D)	0,46	0,22	-0,09	0,65	-0,06	0,32
Zn (T)	0,22	0,07	0,03	0,81	-0,09	-0,04
Zn (D)	0,41	0,07	0,11	0,76	-0,07	-0,03
Sr (T)	0,98	0,08	-0,03	-0,01	-0,02	-0,01
Sr (D)	0,98	0,09	0,01	0,00	0,03	0,00
Ti (T)	0,70	0,43	-0,23	0,10	-0,05	0,39
Ti (D)	0,09	0,08	-0,90	-0,05	0,29	0,08
Mn (T)	0,48	0,53	-0,47	-0,02	0,23	0,32
Mn (D)	0,55	0,50	-0,43	0,11	0,17	0,28
Al (T)	0,56	0,51	0,13	0,07	0,09	0,60
Al (D)	0,23	0,64	-0,25	0,44	0,40	0,05
Ca (T)	0,96	0,05	0,00	0,08	-0,08	-0,05
Ca (D)	0,96	0,11	0,02	0,17	-0,04	-0,03
Fe (T)	0,21	0,78	0,22	0,36	0,19	0,31
Fe (D)	-0,16	0,37	-0,04	0,62	0,33	-0,08
K (T)	0,88	-0,16	-0,14	0,12	0,02	0,30
Mg (T)	0,83	0,13	0,41	0,12	-0,07	-0,13
Na (T)	0,61	0,10	0,64	0,12	-0,23	-0,07
Expl.Var	15,20	7,63	6,16	7,38	4,31	2,89
Prp.Totl	0,29	0,15	0,12	0,14	0,08	0,06

Fonte: Autor da tese

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 2810-5000
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.
