

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIVANDRO DE OLIVEIRA DA LUZ

**COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE FILTRAÇÃO EM CAMPO E  
LABORATÓRIO PARA ANÁLISE DE METAIS DISSOLVIDOS EM CHORUME  
DE ATERRO SANITÁRIO**

CURITIBA

2017

LUCIVANDRO DE OLIVEIRA DA LUZ

**COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE FILTRAÇÃO EM CAMPO E EM  
LABORATÓRIO PARA ANÁLISE DE METAIS DISSOLVIDOS EM CHORUME  
DE ATERRO SANITÁRIO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Charvet  
Coorientadora: Profa. M.Sc. Marielle Feilstrecker

CURITIBA

2017

L979 Luz, Lucivandro de Oliveira da.  
Comparação entre os métodos de filtração em campo e em laboratório para análise de metais dissolvidos em chorume de aterro sanitário. Curitiba, 2017.  
179 f.: il.; tab., graf. 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curso de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientadora: Dra. Patricia Charvet --Co-Orientadora: MSc. Marielle Feilstrecker  
Bibliografia: f. 145-163

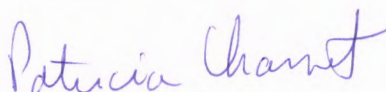
1. Membranas filtrantes. 2. Amostragem. 3. Espalhamento (Física). I. Charvet, Patricia. II. Feilstrecker, Marielle. III. Universidade Federal do Paraná. V. Título.

CDU 66.081.6

## TERMO DE APROVAÇÃO

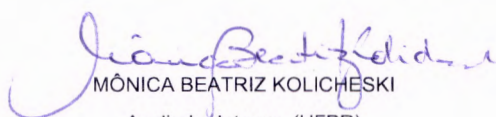
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **LUCIVANDRO DE OLIVEIRA DA LUZ** intitulada: **Comparação entre os métodos de filtração em campo e laboratório para análise de metais dissolvidos em chorume de aterro sanitário**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Curitiba, 31 de Janeiro de 2017.



PATRICIA CHARVET

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



MÔNICA BEATRIZ KOLICHESKI

Avaliador Interno (UFPR)



SUSAN GRACE KARP

Avaliador Externo (UFPR)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos professores;

Aos colegas de curso;

A minha família;

A Deus, pela força e a dádiva do aprendizado.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos orientadores pelo conhecimento, amizade e dedicação;

A todos os professores do programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR, Universidade de Stuttgart e SENAI-PR;

Ao Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente e Química pelo apoio e disponibilização das instalações, materiais e conhecimento técnico que serviram como base para realização deste estudo.

Ao setor de limpeza pública da cidade de Curitiba/PR, pela autorização e uso dos dados do presente estudo.

A minha esposa, pelo apoio incondicional e constante incentivo.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta minha história, meu muito obrigado.

A Deus pela vida.

*“Combati o bom combate, cheguei ao fim do caminho e mantive a minha fé...”  
(Cap. IV, v.7, apóstolo Paulo, 1ª epístola a Timóteo).*

## RESUMO

O processo de filtração de amostras de chorume a serem quimicamente analisadas em estudos ambientais remove partículas em suspensão que podem representar um depósito considerável de metais adsorvidos. Em amostras não filtradas, o procedimento padrão de preservação química com  $\text{HNO}_3$  libera os metais adsorvidos para a fase dissolvida, que conseqüentemente são detectados em quantidades muito superiores em relação ao conteúdo originalmente dissolvido na amostra. As necessidades do programa e a natureza da amostra determinam se o maior risco é da filtração em campo ou da degradação antes da filtração no laboratório. As amostras que contêm grandes quantidades de sólidos em suspensão ou matéria orgânica e as amostras analisadas quanto a constituintes como metais dissolvidos, são as mais susceptíveis à degradação antes da filtração no laboratório, porém, a comprovação dos requisitos de qualidade entre as técnicas dá-se somente por meio da comparação. Essa necessidade possibilitou a análise dos metais dissolvidos alumínio (Al), cromo (Cr), boro (B), ferro (Fe), bário (Ba), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn) nas amostras de chorume do aterro sanitário da Caximba, filtradas e preservadas em campo e filtradas e preservadas em laboratório. As análises foram realizadas por meio da espectrometria de emissão atômica por ICP/EOS, no período de agosto a dezembro de 2015 e fevereiro a abril de 2016, e os resultados submetidos a análise estatística por meio do Desvio Padrão (DP), Desvio Padrão Relativo (DPR), Erro Padrão (EP), teste *t-Student* e teste F (*Snedecor*). O DPR de alumínio, ferro, bário, manganês e zinco, apresentaram resultados acima do limite de dispersão aceitável de 20% entre as amostras filtradas em campo e em laboratório, mas quando submetidos a ampliação de 5 vezes o limite de quantificação permaneceram abaixo do limite estendido de 35%, sendo equivalentes aos padrões de qualidade aceitáveis. O erro padrão médio apresentou precisão em relação à média da população. Os resultados submetidos ao teste F (*Snedecor*) de variância demonstraram ser equivalentes uma vez que o F calculado manteve-se abaixo do valor estabelecido para o F crítico. Os resultados submetidos ao teste *T-Student* indicaram que a média das amostras é igual à média da população, seguindo uma distribuição normal, e estatisticamente relevante, portanto as distribuições t foram apropriadas para testar a hipótese nula de que a média das diferenças é igual à zero. Mediante os resultados do estudo, ficou evidenciado que a metodologia de filtração em laboratório além de economicamente mais viável e ecologicamente correta, pode ser realizada sempre que observada condições inadequadas de manuseio em campo ou interferentes, com garantia de que a característica dos elementos é estável desde a coleta de campo até a análise em laboratório.

Palavras-chave: Amostragem, Membranas Filtrantes, Dispersão.



## ABSTRACT

The filtration process of slurry samples, chemically analyzed in environmental studies, removes suspended particles that may represent a considerable deposit of adsorbed metals. In unfiltered samples, the standard chemical preservation procedure with  $\text{HNO}_3$  releases the adsorbed metals to the dissolved phase, which are consequently detected in quantities much greater than the content originally dissolved in the sample. The needs of the program and the nature of the water sample determine whether the greatest risk is from field filtration or sample degradation before the laboratory filtration. Samples containing significant amounts of suspended solids or organic matter and the samples analyzed for trace constituents – such as dissolved metals – are the most susceptible to degradation before filtration in the laboratory; however, provability of the quality requirements of the techniques is given only by comparison. This necessity enabled the analysis of dissolved aluminum (Al), chromium (Cr), boron (B), iron (Fe), barium (Ba), manganese (Mn), nickel (Ni) and zinc (Zn) in samples of landfill leachate from Caximba, filtered and preserved in the field, and also from the filtered and preserved samples in the laboratory. Analyses were performed using Atomic Emission Spectrometry ICP/EOS from August to December of 2015 and February to April of 2016. The results were submitted to statistical analysis using the Standard Deviation (SD), Relative Standard Deviation (RSD), Standard Error (SE), Student's t- and F-tests (Snedecor). In relation to RSD, the metals aluminum, iron, barium, manganese and zinc presented results above the acceptable dispersion limit of 20% in the field and laboratory-filtered samples, but when subjected to a magnification of 5 times the limit of quantification they remained below the 35% extended limit, being equivalent to the acceptable quality standards. The mean standard error for iron samples presented high results in comparison to other metals, with a higher concentration due to the possible influence of the rain during the sampling periods. For the results of aluminum, chromium, boron, barium, manganese, nickel and zinc metals, the mean standard error was accurate in relation to the population mean. The results submitted to the F (Snedecor) test of variance showed to be equivalent since the calculated F remained below the value established for the critical F. The results submitted to the Student's t- test indicated that the mean of the samples is equal to the population mean, following a normal and statistically relevant distribution, so the distributions t are appropriate to test the null hypothesis that the mean of the differences is equal to zero. Based on the results of the study, it was evidenced that the laboratory filtration methodology could be carried out whenever inadequate field or interfering conditions were observed, besides being economically more feasible and ecologically correct. It assures that the characteristic of the elements will be stable from field collection to laboratory analysis.

Keywords: Sampling, Membrane Filter, Dispersion

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VISTA DO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA APÓS A DESATIVAÇÃO, NA REGIÃO DE CURITIBA.....	58
FIGURA 2 - ETAPAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CHORUME DO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA.....	59
FIGURA 3 - VISTA AÉREA DO ATERRO DA CAXIMBA E RESPECTIVOS PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	61
FIGURA 4 - DIAGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA.....	63
FIGURA 5 - ELETRODO COMBINADO.....	65
FIGURA 6 - AMOSTRAS DE CHORUME REFRIGERADAS PARA TRANSPORTE .....	66
FIGURA 7 - LIMPEZA DO FILTRO COM ÁGUA DESTILADA .....	67
FIGURA 8 - FILTRAÇÃO EM CAMPO.....	67
FIGURA 9 - TRANSFERÊNCIA DA AMOSTRA FILTRADA PARA O FRASCO.....	68
FIGURA 10 - PROCESSO DE FILTRAÇÃO A VÁCUO em laboratório.....	69
FIGURA 11 - MEMBRANAS FILTRANTES DE USO EM LABORATÓRIO. ....	70

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADOS DO TESTE F ( <i>SNEDECOR</i> ).....	122
TABELA 2 - RESULTADOS DO TESTE T-STUDENT .....	123
TABELA 3 - VALOR MÉDIO DOS ACESSÓRIOS PARA AS FILTRAÇÕES EM CAMPO E LABORATÓRIO POR AMOSTRA .....	138

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - FASES DE MATURAÇÃO DO CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO .....	34
QUADRO 2 - FASES DE DECOMPOSIÇÃO DO CHORUME DO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA.....	35
QUADRO 3 - QUANTIDADE ACUMULADA DE RESÍDUOS NOS ATERROS SANITÁRIOS DO ESTADO DO PARANÁ .....	37
QUADRO 4 - RESUMO DOS CONTRATOS DE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CURITIBA.....	38
QUADRO 5 - ÍONS PRESENTES NO CHORUME .....	41
QUADRO 6 - ORIGEM, USO ANTRÓPICO E NOCIVIDADE DOS METAIS FERRO, ZINCO, MANGANÊS, CROMO, BORO, ALUMÍNIO, BÁRIO E NÍQUEL.....	44
QUADRO 7 - APLICAÇÃO DAS MEMBRANAS FILTRANTES CONFORME POROSIDADE .....	50
QUADRO 8 - MÉTODOS DE ANÁLISE DOS INTERFERENTES .....	64
QUADRO 9 - FAIXAS DE TRABALHO DO ICP/OES.....	73
QUADRO 10 - IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS.....	76
QUADRO 11 - ANÁLISE COMPLEMENTAR DOS ELEMENTOS PRESENTES NO AMBIENTE E AMOSTRAS DE CHORUME .....	77
QUADRO 12 - VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA AMBIENTE.....	83
QUADRO 13 - VALORES MÉDIOS DE PH PARA DIFERENTES ATERROS .....	91
QUADRO 14 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO.....	96
QUADRO 15 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE CROMO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	99
QUADRO 16 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE BORO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	102

QUADRO 17 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE FERRO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	105
QUADRO 18 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE BÁRIO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	108
QUADRO 19 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE MANGANÊS NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	111
QUADRO 20 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE NÍQUEL NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	114
QUADRO 21 - QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO .....	117
QUADRO 22 - DESVIO PADRÃO RELATIVO ACIMA DO LIMITE DE 20% .....	124
QUADRO 23 - AMPLIAÇÃO DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO .....	125
QUADRO 24 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS EM RELAÇÃO AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DE 35%. .....	126
QUADRO 25 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO E A PORTARIA IAP Nº 259 DE 2014 .....	143

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
ABAL	- Associação Brasileira do Alumínio
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANS	- Agência Nacional de Saúde
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	- Associação Americana de Saúde Pública
ATSDR	- Agência de Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
COT	- Carbono Orgânico Total
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNA	- Ácido Desoxirribonucleico
DP	- Desvio Padrão
DPR	- Desvio Padrão Relativo
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
ETE	- Estação de Tratamento de Efluentes
FAO	- Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
FIB	- Ingredientes Alimentícios do Brasil
ICP	- Plasma Acoplado Indutivamente
ICZ	- Instituto de Metais não Ferrosos
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
IST	- Instituto SENAI de Tecnologia
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IZA	- Associação Internacional do Zinco
KDHE	- Departamento de Saúde e Meio Ambiente do Kansas
NTP	- Programa Nacional de Toxicologia
OES	- Espectrometria de Emissão Óptica
ONU	- Organização das Nações Unidas
PP	- Polipropileno

- PTFE - Politetrafluoretileno
- PHE - Saúde Pública da Inglaterra
- SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
- UFPR - Universidade Federal do Paraná
- USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	19
1.2	OBJETIVO GERAL.....	22
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
2.1	GESTÃO AMBIENTAL.....	23
2.2	ÁGUA: CONTROLE E MONITORAMENTO DA QUALIDADE .....	27
2.3	ATERRO SANITÁRIO: MONITORAMENTO E PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO .....	31
2.4	ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA.....	34
2.5	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CURITIBA .....	36
2.6	COMPOSIÇÃO DO CHORUME.....	39
2.7	IMPORTÂNCIA E NOCIVIDADE DOS METAIS FERRO, ZINCO, MANGANÊS, CROMO, BORO, ALUMÍNIO, BÁRIO E NÍQUEL PARA A SAÚDE HUMANA .....	42
2.8	METAIS DISSOLVIDOS NO AMBIENTE .....	46
2.9	REQUISITOS PARA REALIZAÇÃO DE AMOSTRAGEM DE MATERIAIS LÍQUIDOS .....	47
2.10	FILTRAÇÃO DE AMOSTRAS PARA ANÁLISE DE METAIS DISSOLVIDOS NO CHORUME .....	49
2.11	ESTATÍSTICA: DESVIO PADRÃO, DESVIO PADRÃO RELATIVO E ERRO PADRÃO .....	52
2.11.1	Teste F ( <i>Snedecor</i> ) e Teste t- <i>Student</i> .....	53
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>56</b>
3.1	DESENHO E TIPO DE INVESTIGAÇÃO .....	56
3.2	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	57
3.3	COLETA DAS AMOSTRAS .....	62
3.4	ANÁLISE DOS INTERFERENTES .....	64
3.5	ANÁLISE DE PH.....	64
3.6	ANÁLISE DE TEMPERATURA.....	66
3.7	FILTRAÇÃO EM CAMPO .....	67
3.8	FILTRAÇÃO EM LABORATÓRIO.....	68



3.9	ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS .....	70
3.10	DIGESTÃO ÁCIDA .....	70
3.11	QUANTIFICAÇÃO DE ALUMÍNIO, CROMO, BORO, FERRO, BÁRIO, MANGANÊS, NÍQUEL E ZINCO NO CHORUME POR ICP/OES .....	71
3.12	LIMITE DE DETECÇÃO E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO .....	72
3.13	DISPERSÃO DO MÉTODO .....	74
3.14	PRECISÃO DO MÉTODO .....	74
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>76</b>
4.1	DETERMINAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS .....	76
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE CHORUME.....	77
4.3	ANÁLISE DO PH NAS AMOSTRAS DE CHORUME.....	89
4.4	ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS NAS AMOSTRAS DE CHORUME .....	92
4.5	RESULTADOS DA ANÁLISE DE METAIS DISSOLVIDOS NAS AMOSTRAS DE CHORUME.....	95
4.5.1	Alumínio.....	96
4.5.2	Cromo.....	99
4.5.3	Boro .....	102
4.5.4	Ferro .....	105
4.5.5	Bário .....	108
4.5.6	Níquel .....	114
4.5.7	Zinco.....	117
4.6	COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS .....	120
4.6.1	Aplicação do teste F ( <i>Snedecor</i> ) e teste t- <i>Student</i> .....	122
4.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS ACIMA DOS PADRÕES ACEITÁVEIS .....	124
4.7.1	Alumínio.....	128
4.7.2	Ferro .....	129
4.7.3	Bário .....	131
4.7.4	Manganês.....	132
4.7.5	Zinco.....	134
4.8	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	136
4.8.1	Avaliação dos custos.....	138

4.8.2	Avaliação ecológica .....	139
4.8.3	Limites definidos pela portaria IAP nº 259 de 2014 .....	142
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>145</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>146</b>
	<b>APÊNDICE 1 - RESULTADOS OBTIDOS DE ALUMÍNIO .....</b>	<b>165</b>
	<b>APÊNDICE 2 - RESULTADOS OBTIDOS DE CROMO .....</b>	<b>167</b>
	<b>APÊNDICE 3 - RESULTADOS OBTIDOS DE BORO .....</b>	<b>169</b>
	<b>APÊNDICE 4 - RESULTADOS OBTIDOS DE FERRO .....</b>	<b>171</b>
	<b>APÊNDICE 5 - RESULTADOS OBTIDOS DE BÁRIO .....</b>	<b>173</b>
	<b>APÊNDICE 6 - RESULTADOS OBTIDOS DE MANGANÊS .....</b>	<b>175</b>
	<b>APÊNDICE 7 - RESULTADOS OBTIDOS DE NÍQUEL .....</b>	<b>177</b>
	<b>APÊNDICE 8 - RESULTADOS OBTIDOS DE ZINCO.....</b>	<b>179</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos ambientais tem como objetivo garantir que os serviços do ecossistema sejam protegidos e mantidos para as futuras gerações humanas e também manter a integridade do ecossistema por meio das variáveis (ecológicas) éticas, econômicas e científicas. A gestão de recursos ambientais tenta identificar os fatores afetados por conflitos entre a satisfação das necessidades e a proteção dos recursos ambientais. É, portanto, ligada à proteção do meio ambiente e sustentabilidade.

No âmbito empresarial, a gestão ambiental refere-se à parte da função gerencial que trata, determina e implementa a política de meio ambiente estabelecida para as empresas. Ela consiste em um conjunto de medidas e procedimentos bem-definidos que, se adequadamente aplicados, permitem reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente. Pode-se dizer então que a gestão ambiental é a tentativa de absorver transformações ou impactos causados ao meio ambiente, de modo a maximizar a recuperação dos recursos do ecossistema natural para o homem, assegurando que haja produtividade prolongada. O objetivo maior, deve ser o de propiciar benefícios à empresa que superem, anulem ou diminuam os custos das degradações, causados pelas atividades industriais e, principalmente, pela área produtiva.

Um dos pontos importantes da gestão ambiental é o controle da poluição ambiental, controle dos agentes poluidores, que pode ser entendido como qualquer alteração em um meio ambiente que o torne prejudicial ao homem e às outras formas de vida ou que prejudique um uso previamente definido para ele. Vale lembrar que qualquer mudança em um ambiente, resultante da introdução de poluentes neste, na forma de matéria ou energia, pode ser entendida como poluição.

Os agentes poluidores podem ter origem química, física ou biológica, e a presença de um tipo destes é suficiente para afetar as características naturais da água. Entre os vários agentes tóxicos que influenciam drasticamente a qualidade dos ambientes aquáticos pode-se destacar o chorume, líquido produzido pela massa orgânica dos resíduos durante o processo de degradação biológica.

Na cidade de Curitiba, estado do Paraná, está localizado o aterro da Caximba, que apesar da desativação em 2010, continua gerando chorume. A Portaria IAP nº 259, de 26 de novembro de 2014 (BRASIL, 2014), do estado do

Paraná, determina que mesmo após o encerramento os aterros devam atender aos limites legais de lançamento. Porém devido a grande quantidade de poluentes que devem ser monitorados, há um custo elevado para se manter o monitoramento periódico e a garantia de qualidade do chorume tratado (IFC, 2015).

Dentre os diversos poluentes que segundo a portaria nº 259 devem ser monitorados, destacam-se os metais totais e dissolvidos, cuja análise completa compreende arsênio total (As), bário total (Ba), boro total (B), cádmio total (Cd), chumbo total (Pb), cobre dissolvido (Cu), cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{+6}$ ), cromo trivalente ( $\text{Cr}^{+3}$ ), estanho total (Sn), ferro dissolvido (Fe), manganês dissolvido (Mn), mercúrio total (Hg), níquel total (Ni), prata total (Ag), selênio total (Se), e zinco total (Zn).

Os metais presentes no chorume são úteis para avaliação local dos sistemas aquáticos e dos efeitos nocivos causados pela sua exposição nos organismos. Considerados como indicadores de qualidade, por serem permanentes no ambiente, são utilizados como padrões de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos, tanto em esferas federais quanto estaduais.

É fundamental, portanto, que a composição da amostra submetida ao laboratório seja representativa da fonte a qual se pretende medir. Durante o armazenamento, transporte, amostragem e antes da análise, pode haver mudanças na composição dos elementos alvo. A ação microbiológica, a aeração, temperatura e reatividade química podem ser os responsáveis pelas alterações na composição da amostra e dos analitos.

A preservação adequada da amostra é, portanto, importante para evitar estas alterações antes da análise. Segundo APHA (2012g), além da preservação química, para análise dos metais dissolvidos em águas, é necessária a filtração em campo antes da acidificação. O objetivo é evitar o efeito da adsorção de metais sobre as paredes plásticas dos frascos, o que leva a resultados tendenciosamente baixos quando submetidos a análise.

Se as amostras não forem filtradas antes da acidificação, o que será medido são os metais extraíveis com ácido. Isto é, a concentração de metais dissolvidos na amostra de água será igual ao que foi dissolvido na água originalmente, incluindo o que pode ser extraído com ácido nítrico a partir do sedimento presente.

No entanto, a filtração em campo acrescenta a possibilidade de contaminação da amostra, se não feito com cuidado. As necessidades do programa e a natureza da água que está sendo amostrada determinam se o maior risco é da

filtração em campo ou da degradação da amostra antes da filtração no laboratório. As amostras que contêm grandes quantidades de sólidos em suspensão ou matéria orgânica e as amostras analisadas quanto a constituintes vestigiais, como metais dissolvidos, são as mais susceptíveis à degradação antes da filtração no laboratório.

Em condições ideais, as amostras filtradas em campo devem produzir concentrações de metais idênticas quando comparadas com amostras não filtradas. No entanto, em condições não ideais, o processo de amostragem pode introduzir materiais geológicos na amostra e exige filtragem em campo.

Este estudo tem por objetivo geral analisar comparativamente os métodos de filtração em campo e laboratório para análise de metais dissolvidos em chorume de aterro sanitário para verificar se as técnicas atendem plenamente ou parcialmente aos requisitos de qualidade, prós, contras e limitações.

Para isto analisa-se a importância da neutralidade científica, o mito do desenvolvimento sustentável e do paradigma tecnológico produtivo, bem como o monitoramento da qualidade da água, a contaminação das águas por metais, a importância e nocividade dos metais ferro, zinco, manganês, cromo, boro, bário e níquel para a saúde humana, entre outras questões pertinentes.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa ambiental deste estudo compreende o compromisso social que vem ganhando forças nas organizações públicas e privadas, principalmente no que diz respeito aos efluentes lançados na natureza, os possíveis efeitos que cada um provoca no meio ambiente, e o controle dessas interações para que sejam eliminados ou minimizados.

Para melhorar a imagem frente à sociedade, as organizações elaboram programas que tem como finalidade reparar ou diminuir os impactos ambientais, na maioria das vezes provenientes de suas atividades produtivas, ou seja, programas que tentam controlar as consequências de suas atividades produtivas sobre o meio ambiente, minimizando então as consequências do impacto ambiental pelas atividades de produção (MOURA, 2011).

Os programas ambientais vêm ao encontro do atendimento às legislações vigentes e aos limites legais impostos para o lançamento de efluentes tratados na natureza. No estado do Paraná foi implantada a portaria nº 259 de 26/11/2014 que

aprova e estabelece os critérios e exigências para a apresentação do automonitoramento ambiental de aterros sanitários no Paraná e determina seu cumprimento.

A portaria nº 259 de 26/11/2014 (BRASIL, 2014), determina em seu Artigo 1º, § 2º, que:

§ 2º O Sistema de Automonitoramento é parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras e sua institucionalização visa possibilitar o efetivo controle das cargas poluidoras lançadas em corpos hídricos do Estado do Paraná, bem como controle da qualidade ambiental das águas subterrâneas e superficiais e situação ambiental das áreas de disposição final de resíduos sólidos.

Brasil (2014) define ainda que, os parâmetros, limites máximos permitidos e frequência para monitoramento do chorume tratado, das águas superficiais e das águas subterrâneas deverão atender ao estabelecido nesta Portaria, no programa disponibilizado no site do IAP, e na legislação vigente.

Em seu artigo 8º, determina que no caso de aterros sanitários encerrados, o automonitoramento deverá atender os critérios estabelecidos na portaria, conforme classificação da área, nos dois primeiros anos após encerramento do aterro (BRASIL, 2014).

Mesmo após a desativação do aterro sanitário da Caximba em 2010, moradores da região relatam que de manhã e em dias úmidos, há presença de cheiros desagradáveis provenientes do gás ao se apagar os queimadores das células de resíduos, e dos tanques de tratamento do chorume, reflexos estes dos 21 anos em que o bairro recebeu resíduos da capital paranaense e mais 17 municípios da região metropolitana sem controle do impacto ambiental (G1 PARANÁ, 2016).

O chorume produzido nos aterros é uma consequência da geração de resíduos urbanos e industriais, cuja composição físico-química é extremamente variável. Esse líquido pode conter altas concentrações de metais pesados, sólidos suspensos e compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que são metabolizadas, como carboidratos, proteínas e gorduras. Por apresentar substâncias altamente solúveis, pode escorrer e alcançar as coleções hídricas superficiais ou até mesmo infiltrar-se no solo e atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e potenciais usos (WENDT, LINARDI; ARICÓ, 2002).

O monitoramento ambiental neste contexto é capaz de quantificar metais na água, sedimento e outras variáveis químicas na água, observar níveis de poluição, comportamento dessas variáveis nesses dois compartimentos, e relacionar ao nível de degradação a qual o ambiente está exposto. A concentração de metais dissolvidos é fundamental para avaliação local do ambiente e mobilidade dos elementos estudados.

De acordo com a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), em seu método 1669, a filtração das amostras é realizada para obter valores de metais dissolvidos, que compreendem íons livres, complexos inorgânicos e complexos orgânicos de baixo peso molecular. Deve ser realizada para evitar que ocorram reações de oxirredução por exposição ao ar, tornando o metal insolúvel (USEPA, 1996).

O alto custo para realização da amostragem, filtração de amostras, análise de metais dissolvidos, uso de equipamentos e demais ferramentas de monitoramento ambiental, determinou a justificativa econômica deste estudo. O flagelo ambiental impressiona. Diante das sérias catástrofes causadas pela depredação do solo, das águas e dos recursos naturais, é crescente a valorização pela sociedade das organizações que buscam formas de minimizar os impactos de suas atividades sobre o ambiente (TIBOLA; DREHER; ROCHA, 2012).

A justificativa tecnológica ocorre devido a necessidade de agrupamento de informações sobre o meio ambiente por meio do estudo de metais dissolvidos e de tecnologias de filtração que possibilitem identificar a presença de poluentes, alterações das características naturais ou efeitos na saúde humana. Vale lembrar que o uso da tecnologia para a preservação ambiental deve ser empregado pelo conhecimento técnico e científico disponível para desenvolvimento de técnicas que aprimorem os processos de preservação ambiental. O gerenciamento ambiental de uma região deve englobar desde o impacto ambiental, já existente, como os possíveis impactos ambientais que podem ocorrer no ambiente, definindo sempre ações e seus limites (VARGAS, 2008).

A substituição da filtração em campo pela filtração em laboratório compreende o caráter tecnológico deste estudo, pois segundo Vargas (2008) uma nova tecnologia de preservação ambiental precisa possibilitar uma menor geração de resíduos, além de ser mais simples que a tecnologia convencional para que qualquer indivíduo tenha a capacidade de utilizá-la.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Comparar os métodos de filtração em campo e laboratório para posterior análise de metais dissolvidos em chorume de aterro sanitário.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar a influência dos interferentes durante a filtração das amostras, tais como pH, temperatura, poeira, materiais flutuantes e sólidos sedimentáveis.

Aplicar os métodos de filtração em campo e laboratório em amostras de chorume de aterro sanitário;

Analisar a concentração dos metais dissolvidos alumínio (Al), cromo (Cr), boro (B), ferro (Fe), bário (Ba), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn) no chorume por espectrometria de emissão óptica com plasma – ICP OES nas amostras submetidas a filtração em campo e filtração em laboratório;

Comparar os resultados obtidos pelos dois métodos de filtração por meio do desvio padrão relativo (DPR), teste F (*Snedecor*) e teste t-*Student*.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental pode ser entendida como o conjunto de responsabilidades organizacionais, procedimentos, processos e meios que se adotam para a implantação de uma política ambiental em determinada empresa ou unidade produtiva. É o método empregado para levar uma organização a atingir e manter-se em funcionamento de acordo com as normas estabelecidas, bem como para alcançar os objetivos definidos em sua política ambiental (CARNIEL, 2016).

A preocupação com os efeitos ou impactos ambientais decorrentes da ação do homem no ambiente natural passou a merecer maior atenção a partir da década de 1950, motivada pela queda da qualidade de vida em algumas regiões do planeta. Surgiram movimentos ambientalistas em diversos países e foram criadas entidades não governamentais sem fins lucrativos, assim como agências governamentais voltadas para a proteção ambiental. O tema poluição passou a ser discutido em conferências nacionais e internacionais (NASCIMENTO, LEMOS e MELLO, 2012, p.57).

Dias (2013) afirma que este novo comportamento das empresas não se reflete somente nos produtos e serviços, mas em todos os seus níveis, influenciando também a forma de se pensar e fazer marketing, que também passa a adotar aspectos ecológicos propiciando a conquista de destaque e diferenciação no mercado.

Neste contexto é que surge uma vertente do marketing que trata da relação consumo - meio ambiente e está envolvida com as necessidades recentes do cliente cidadão, consciente da importância da preservação da natureza, à qual foram atribuídas várias denominações: marketing ecológico; marketing verde; marketing ambiental; eco marketing e marketing sustentável, sendo que todas elas têm como preocupação fundamental as implicações mercadológicas dos produtos que atendem às especificações da legislação ambiental e que contemplam as expectativas de uma boa parcela de consumidores, no que diz respeito aos produtos e a seus processos não serem agressivos ao meio ambiente (DIAS, 2013, p.72).

Segundo Kraemer (2014), o crescimento demográfico, adicionado ao consumismo excessivo e a degradação do meio ambiente, exigem da sociedade ações corretivas ao seu desenvolvimento e crescimento econômico. Nas palavras de Carelli (2004), gestão ambiental pode ser definido como uma ferramenta de gerenciamento ambiental que contém uma série de procedimentos a serem

administrados, tais como a implantação de programas de prevenção à poluição, o monitoramento do programa ambiental da empresa, a formulação de estratégias de administração do meio ambiente, a adequação dos produtos às especificações ecológicas, dentre outras medidas.

Carelli (2004) também aborda as consequências da implantação do sistema no que diz respeito à obediência à legislação, ao gerenciamento ambiental e à minimização dos impactos negativos, aumentando a produtividade, expandindo a corporação para novos mercados e melhorando o relacionamento com clientes. Importante também a abordagem quanto aos problemas enfrentados pelas corporações com a implantação da gestão ambiental no Brasil, como, por exemplo, a dificuldade de interpretação dos procedimentos escritos, o baixo nível de treinamento ou o pouco envolvimento da alta direção da corporação.

Observa-se que na gestão ambiental não há legislação específica que obrigue a sua incorporação nas indústrias, embora o mercado, atualmente, seja exigente em relação aos aspectos relativos ao meio ambiente, sendo essa uma estratégia corporativa. Para Andreoli (2012) se fazem necessários na gestão ambiental a identificação dos impactos ambientais e o investimento para reparar os danos causados durante os anos de operação industrial e o fornecimento de subsídios para uma gestão correta.

Empresas estão influenciando o entorno de fornecedores e começam a explorar o diferencial ambiental também no mercado interno, o que está impulsionando a adoção do Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Este sistema vem ao encontro da necessidade das empresas em adotarem práticas gerenciais adequadas às exigências do mercado, universalizando os princípios e procedimentos que permitirão uma expressão consistente de qualidade ambiental (ANDREOLI, 2012, p.63).

A gestão ambiental passou a representar uma modificação voluntária na organização dentro da empresa, motivada a externar e internalizar as práticas ambientais, as quais indicam oportunidades para diminuição da poluição e capacitam as corporações a alcançarem melhorias. A implantação de um Sistema de Gestão Ambiental garante maior segurança às empresas na gestão dos impactos ambientais. Os procedimentos devem ser utilizados como meios de conscientização, para melhoria do desempenho da empresa.

Fiorillo e Rodrigues (2014) concordam que proteger o meio ambiente é o fator mundial mais importante. Em última análise, proteger o meio ambiente significa

proteger a própria preservação da espécie humana. Os gastos com proteção ambiental começaram a ser vistos pelas empresas líderes não como custos, mas como investimentos para o futuro e, como possível vantagem competitiva.

A gestão ambiental é a parte da função gerencial que trata, determina e implementa a política de meio ambiente estabelecida para a empresa. Segundo Valle (2012, p.69) “a Gestão Ambiental consiste em um conjunto de medidas e procedimentos bem-definidos que, se adequadamente aplicados, permitem reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente”.

Pode-se dizer que a gestão ambiental é a tentativa de absorver transformações ou impactos causados ao meio ambiente, de modo a maximizar a recuperação dos recursos do ecossistema natural para o homem, assegurando que haja produtividade prolongada. O objetivo maior da gestão ambiental deve ser o de propiciar benefícios à empresa que superem, anulem ou diminuam os custos das degradações, causados pelas demais atividades da empresa e, principalmente, pela área produtiva (FERREIRA, 2014).

Valle (2012, p. 41) ressalta:

A Gestão Ambiental requer como premissa, um comprometimento da alta direção da empresa e de seus acionistas com o estabelecimento de uma Política Ambiental clara e definida que irá nortear as atividades da organização com relação ao meio ambiente.

Para Ferreira (2001), o objetivo dessa gestão são os problemas ambientais causados por outros e por ela recebidos para serem gerenciados. Como tornar compatível os recursos econômicos, financeiros, expectativas de acionistas e investidores, com as expectativas que a sociedade tem sobre o meio ambiente?

Segundo Epelbaum (2013, p. 235):

Pode-se expressar sucintamente o comprometimento com o meio ambiente como sendo a contínua intencionalidade e prática em considerar a proteção ambiental nas decisões gerenciais e operacionais cotidianas. Tal noção de comprometimento, para ser considerada abrangente dentro das organizações, deve ser adotada por todos os seus níveis e funções, desde a alta administração até o nível operacional.

A gestão ambiental de uma organização é a correta administração do impacto de suas atividades econômicas no meio ambiente, visando o uso racional e sustentável dos recursos naturais.

Na visão de Barbieri (1997, p.199):

O crescimento da consciência ambiental, ao modificar os padrões de consumo, constitui uma das mais importantes armas em defesa do meio ambiente. Quando a empresa busca capturar oportunidades por meio de do crescente contingente de consumidores responsáveis por meio de ações legítimas e verdadeiras, essas ações tendem a reforçar ainda mais a consciência ambiental, criando um círculo virtuoso, na qual a atuação mercadológica, marketing verde, como querem alguns, torna-se um instrumento de educação ambiental.

Entende-se que, ao implementar um sistema de gestão ambiental em uma organização, esta passará por alterações em muitas políticas, estratégias, e certamente haverá reavaliação dos processos produtivos e principalmente em seu modo de agir.

Essa mudança de comportamento não se refere unicamente à introdução da filosofia de proteção ao meio ambiente nas atividades organizacionais, implicando em uma revisão de valores, que atinge também as pessoas que trabalham dentro da organização. Alcançando-se assim, uma administração realmente ecológica.

O termo gestão (ou gerenciamento) ambiental engloba um conjunto de rotinas e procedimentos que permite a uma organização administrar adequadamente as relações entre suas atividades e o meio ambiente que as abriga, atentando para as expectativas das partes interessadas. Esta questão ambiental está relacionada à qualidade de atendimento ao cliente, ao acionista, ao empregado e ao meio ambiente, ou “vizinho” que são os elementos fundamentais à sobrevivência da empresa (MOURA, 2011, p.1).

Para que se tenha uma melhor noção de gestão ambiental, é importante analisar o contexto onde ela se insere, as mudanças sociais e paradigmáticas atuais que têm influenciado as empresas, governos e nações (ASSIS, 2016).

Em relação a geração de resíduos sólidos urbanos, as alternativas consideradas ambientalmente adequadas para destinação/disposição são: disposição em aterro, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético (BRASIL, 2010).

Mesmo sendo um problema mundial, as consequências negativas da alta produção de resíduos sólidos são mais perceptíveis nos países em desenvolvimento. Os países mais ricos são os maiores produtores, entretanto, possuem uma maior capacidade de equacionamento da gestão, por um somatório de fatores que incluem recursos econômicos, preocupação ambiental da população

e desenvolvimento tecnológico. Em cidades de países em desenvolvimento com urbanização muito acelerada, verificam-se déficits na capacidade financeira e administrativa dessas em prover infraestrutura e serviços essenciais como água, saneamento, coleta e destinação adequada do lixo e moradia, e em assegurar segurança e controle da qualidade ambiental para a população (JACOBI & BESEN, 2011).

Quando dispostos de forma inadequada, os resíduos sólidos podem causar a poluição da água, do ar e do solo, além de criar ambiente propício para a proliferação de macro e micro vetores causadora de doenças (BESEN, 2011), com conseqüências desastrosas para o meio ambiente e para a qualidade de vida da população.

A crescente preocupação com os impactos ambientais, inclusive os potencialmente gerados por aterros sanitários, tem motivado a aplicação de instrumentos e métodos que auxiliem na compreensão e, logo, no controle e na redução desses impactos (LIMA, 2007).

## 2.2 ÁGUA: CONTROLE E MONITORAMENTO DA QUALIDADE

Segundo Celere et al. (2007) no Brasil, o chorume proveniente dos aterros sanitários, é coletado nos tanques de captação e recirculado e/ou transportado para estações de tratamento, onde é submetido à degradação microbiológica. Posteriormente, o chorume tratado é lançado em águas superficiais, sendo desconhecidas as identidades dos compostos presentes no chorume, impossibilitando o conhecimento da efetividade desse tratamento de forma permanente.

Nesse contexto, considera-se importante o monitoramento constante da qualidade do chorume e também da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, que em muitas cidades brasileiras são fontes de abastecimento para a população (CELERE et al, 2007).

Segundo Rebouças (2003), a preocupação com a percolação do chorume em águas subterrâneas é justificável, pois o tempo médio de permanência da água nos depósitos subterrâneos é de 1.400 anos, contra apenas 16 dias para a água fluvial.

Borsoi (2010) narra que a água cobre 71% da superfície da Terra e é considerada vital para todas as formas conhecidas de vida. No planeta 96,5% da

água é encontrada nos mares e oceanos, 1,7% nas águas subterrâneas, 1,7% em geleiras e calotas polares da Antártida e da Groenlândia, 0,001% no ar como vapor, nuvens (formadas por gelo e água líquida suspensas no ar) e precipitação. Ressalta-se que apenas 2,5% da água do planeta é doce e 98,8% dessa água se encontra congelada e em águas subterrâneas. Menos de 0,3% de toda a água doce do mundo é encontrada em rios e lagos e na atmosfera e encontrada em uma quantidade ainda menor de água doce, 0,003%, contida dentro de corpos biológicos e produtos manufaturados.

Hespanhol (2012) complementa Borsoi (2010) ao relatar que a água no planeta se move continuamente por meio de ciclos de evaporação e transpiração, condensação, precipitação e escoamento superficial, geralmente atingindo o mar. A evaporação e transpiração contribuem para a precipitação sobre a terra. A água utilizada na produção de um produto ou serviço é conhecida como água virtual e a segurança em relação à água potável é essencial para os seres humanos e outras formas de vida, mesmo não fornecendo a água calorias ou nutrientes orgânicos.

Segundo Hespanhol (2012) o acesso à água potável tem melhorado ao longo das últimas décadas no mundo e na América Latina, mas cerca de um bilhão de pessoas ainda não têm acesso à água potável e mais de 2,5 bilhões não têm acesso adequado ao saneamento básico.

Ainda segundo Hespanhol (2012), o relator "*Charting Our Water Future: Economic frameworks to inform decision-making*", "A água do futuro: quadros econômicos para a tomada de decisão" publicado em 2010 informa que em 2030, em algumas regiões em desenvolvimento do mundo, a demanda de água irá exceder a oferta em 50%. Vale lembrar que água desempenha um papel importante na economia mundial, pois ela funciona como um solvente para uma grande variedade de substâncias químicas e facilita a refrigeração industrial e transporte. Aproximadamente 70% da água doce são utilizadas na agricultura para a produção de alimentos.

Segundo Leal (2013) as políticas públicas destinadas à gestão da água e dos recursos hídricos consideram a água como um recurso estratégico limitado no mundo e um elemento importante em muitos conflitos políticos. A proporção de pessoas nos países em desenvolvimento com acesso a água potável tem melhorado de 30% desde 1970 para 71% em 1990, e de 79% em 2000 para 84% em 2004.

Em relação à água na América Latina, Leal (2013) faz menção a ONU que afirmou que a má governança é uma das razões para escassez de água. O relatório da ONU “*UN World Water Development Report*” de 2003, “Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas”, afirma que na América Latina nos próximos 20 anos, a quantidade de água disponível para todos diminuirá em 30% devido a problemas de gestão. Vale lembrar que 40% dos cidadãos da América Latina não tem acesso a água fresca suficiente para o mínimo de higiene.

Alguns números em relação à gestão da água na América Latina narrados pela ONU (2003, apud LEAL, 2013, p. 55):

- 77 milhões de pessoas carecem de acesso à água potável;
- 256 milhões de pessoas são dependentes de latrinas e fossas sépticas;
- 100 milhões de pessoas sem nenhum acesso a qualquer saneamento seguro;
- O esgoto de menos de 14% das casas é tratado por estações de saneamento o que acarreta danos ecológicos em rios, lagos, aquíferos subterrâneos e oceanos.
- As pessoas pobres pagam entre 1,5 e 2,8 vezes mais pela água do que as famílias não pobres;
- A má qualidade da água recebida pela população aumenta o perigo de doenças diarreicas que levam as crianças a morte;
- O governo latino americano não consegue atender a todas as necessidades de água simultaneamente, forçando escolhas difíceis que envolvem as partes interessadas, isto é, aqueles que usam a água potável, saneamento, indústria e agricultura.

A Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, segundo Santilli (2009), foi instituída em 08 de janeiro de 1997 pela Lei 9.433, com o objetivo de implantar normas internas de gestão e conservação, considerando a água como bem ambiental limitado, dotado de valor econômico.

Segundo Santilli (2009) a edição da Lei 9.433 alterou a forma da aplicação do Código de Águas, parte da regulamentação necessária à execução da Política Nacional de Recursos Hídricos que foi promulgada pela Lei 9.984 de 17 de julho de 2000 e que criou a Agência Nacional de Águas – ANA. A lei 9.433 trata da gestão

integrada e participativa ao dispor no art. 1º, inciso VI que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, ou seja, a gestão deve ocorrer de forma integrada e participativa.

Santilli (2009) defende ainda, que a gestão dos recursos hídricos atende as necessidades dos brasileiros de forma prioritária e racional, por meio de uma distribuição de água sem desperdício. Para que isto ocorra se faz necessário o uso de políticas públicas adequadas que visam uma gestão eficaz e eficiente à água por meio de fundamentos e princípios de sustentabilidade, bem como instrumentos e mecanismos para implementar as ações e uma legislação para discipliná-la e instituições para executar a política e acompanhar a sua execução.

Cristofidis (2014) relata que a Lei 9.433/97 é uma das mais inovadoras em relação à gestão das águas, entretanto, necessita ainda da criação de alguns dispositivos para que possa ser aplicada, um exemplo, um dispositivo que permita a participação efetiva e informação dos atores sociais e a integração entre os responsáveis pela gestão. Tem-se que considerar que se existe a participação dos atores sociais deve existir também o acesso à informação clara e adequada. Isto trará uma maior integração entre poder público e sociedade. O que se verifica em relação à Lei 9.433/97, é que existe ainda um longo caminho a ser percorrido referente ao ajuste dos dispositivos legais e a situação concreta em que se encontra o meio ambiente.

Segundo a ONU, com o passar dos séculos o crescimento das populações aumentou significativamente, e conseqüentemente a demanda de água para consumo humano. Segundo projeções que levam em considerações o aumento de indústrias, produção térmica de eletricidade e uso doméstico, em 2050 a demanda mundial por água terá um aumento de 55%, para uma população de mais de 9,6 bilhões de habitantes (ONU, 2015).

A qualidade da água futuramente será essencial para atender de forma saudável a população. De acordo com a portaria nº 2914 de 2011 do ministério da saúde, a água só é considerada potável, quando obedecido os seguintes padrões de qualidade; organolépticos, físicos, químicos, biológicos, radioativos e que atendam aos padrões de potabilidade sem oferecer riscos à saúde (BRASIL, 2011a).

Segundo Umbuzeiro (2012), dependendo das condições em que a água é apresentada, mesmo que esteja fora dos padrões legais, não significa que poderá



desencadear doenças ou agravos à saúde. Para haver uma maior garantia de proteção à saúde humana, estudos e análises abrangentes e complementares sobre o problema devem ser levados em consideração, isso propicia o entendimento de como as substâncias são incluídas nas regulamentações, como são calculados os padrões de lançamento, e as dificuldades analíticas, tecnológicas e econômicas envolvidas no processo.

As análises físicas, químicas e biológicas, feitas em laboratório, segundo Sousa (2002), determinam a qual uso a água se destina. Rocha, Rosa e Cardoso (2009), descrevem que esses procedimentos de análise irão determinar se as concentrações atendem ou não aos limites legais, e qual tratamento deve ser aplicado em caso de contaminação.

### 2.3 ATERRO SANITÁRIO: MONITORAMENTO E PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) classifica os resíduos sólidos como materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), estabelece ainda que uma distinção entre resíduos e rejeitos, sendo os rejeitos os resíduos sólidos que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

De acordo com a norma da NBR 8419 (ABNT, 1992, p. 01), o aterro sanitário é considerado como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for possível.

Os aterros sanitários caracterizam uma forma de destinação final de resíduos predominante e crescente no Brasil, segundo Silva (2009), em pequenas comunidades o uso de aterros sanitários, como forma de destinação de resíduos, torna-se com grande aplicabilidade devido à fácil operação e custos baixos, quando comparados com outras formas de disposição de resíduos.

Em relação aos resíduos de riscos potenciais ao meio ambiente (resíduo perigoso, inerte e não inerte), a ABNT, através da NBR 10004 (ABNT, 2004), faz a seguinte classificação: resíduo perigoso ou classe I; resíduos não perigosos ou classe II; resíduos não inertes ou classe II A; resíduos inertes ou classe II B; identificação e o processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e a características destes constituintes com listagens dos tipos de resíduos e as substâncias cujo impacto ambiental e a saúde humana são conhecidos.

Os resíduos também podem ser classificados quanto a sua origem, isto é: resíduos de varrição e feiras livres, resíduo comercial, de serviços de saúde, portos, aeroportos, terminais férreo e rodoviário, agrícolas, industriais, de construção civil e os resíduos sólidos domiciliares urbanos (FONSECA, 2001).

Segundo Oliveira (2006), o lixo é um elemento que não deve ser desprezado no estudo da estrutura epidemiológica, uma vez que, pela sua variada composição, poderá conter agentes biológicos patogênicos ou químicos tóxicos que poderão alcançar o homem direta ou indiretamente, afetando-lhe a saúde. Vários organismos de origem fecal podem ser encontrados no lixo, como fezes de animais, humanas, resíduos de serviços de saúde, resto de feiras e varrições de ruas etc.

Segundo Leite, Bernardes e Oliveira (2004), a decomposição dos resíduos sólidos em aterro sanitário, gera o composto chorume, capaz de modificar de forma intensa as características físicas e químicas das águas. Os metais podem ser percolados por intermédio da infiltração do chorume no solo ao misturar-se com a água da chuva, permitindo a contaminação direta e indireta de plantas e animais.

Inicialmente os resíduos sólidos depositados nos aterros agem como um reservatório de líquido, absorvendo a água. Entretanto, o material ao atingir certo teor de umidade, conhecido como capacidade de campo libera acréscimo de água recebido, resultando em percolação. No entanto a percolação poderá formar-se antes que essa capacidade seja alcançada, uma vez que o resíduo apresenta canais e alguns de seus compostos não absorvem água de imediato (IPT, 2000).

A fim de que se possam garantir as melhores condições de proteção da qualidade ambiental e da saúde pública e para atender às necessidades da população, fazem-se necessários avanços em pesquisa para minimizar os impactos gerados pelos resíduos sólidos não tratados e melhorar a qualidade de vida da população (SILVA, 2009).

Segundo Hespanhol (2009), o monitoramento da qualidade da água visa realizar a medição ou verificação de parâmetros de qualidade ou quantidade de água, que pode ser contínuo ou periódico utilizado para acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo. Segundo o mesmo autor, o monitoramento é importante para averiguar as tendências na qualidade do meio aquático e para observar como este é afetado por contaminantes e/ou atividades antrópicas.

Segundo Loureiro (2005, p. 30), sobre o monitoramento dos aterros sanitários no Brasil:

É mínimo o número de aterros sanitários monitorados através de projeto regular de acompanhamento. As exceções estão restritas às regiões metropolitanas, como os aterros de Porto Alegre e de Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul, o aterro de Joinville, em Santa Catarina, os aterros sanitários de Bandeirantes e Sítio São João, em São Paulo, Vila Albertina pós-fechamento, em São Paulo, Camaçari, na Bahia, Muribeca, em Recife, Gramacho no Rio de Janeiro, dentre outros. Em alguns dos aterros citados acima, o acompanhamento é irregular, limita-se a indicar o comportamento geomecânico do maciço e às avaliações da qualidade de efluentes (chorume) e de águas superficiais.

Os aterros sanitários possuem inúmeras vantagens, porém segundo Alves (2010), a implantação de um aterro sanitário exige uma grande área, que possa garantir a disposição dos resíduos por, no mínimo, uma década. Além da necessidade de áreas que possam ser usadas somente para esta finalidade. Este fato justifica a importância do prolongamento da vida útil dos aterros sanitários.

Após o encerramento das operações, o processo de decomposição dos aterros pode durar décadas, assim a geração de biogás e líquidos percolados não é interrompida com o final de aporte de resíduos ao aterro (ALVES, 2010).

Em vista disso, é fundamental adotar medidas que envolvam a inspeção periódica, identificação e documentação dos eventos e dos problemas, definição e implementação de medidas reparadoras. A não observância dos eventos e dos problemas por ele gerados pode resultar em eventos envolvendo o meio ambiente por meio de contaminação do solo, água, ar e, a sociedade como um todo, mediante os danos à saúde de pessoas, perdas materiais e inviabilização dos usos dos recursos naturais (ALVES, 2010, p. 19).

## 2.4 ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA

Segundo Brito Filho (1999), as características físico químicas de um aterro variam de acordo com a fase de maturação do chorume. No QUADRO 1, as fases são dispostas de acordo com a decomposição dos resíduos.

QUADRO 1 – FASES DE MATURAÇÃO DO CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO

Fase	Característica
Fase I ou Fase inicial (Aterro jovem)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aterramento dos resíduos nas células e início de acúmulo de umidade;</li> <li>- detecção das primeiras mudanças dos diferentes parâmetros de degradação dos resíduos;</li> <li>- dióxido de carbono é produzido, aproximadamente nos mesmos equivalentes molares de O<sub>2</sub> consumido.</li> </ul>
Fase II ou Fase de transição	<ul style="list-style-type: none"> <li>- capacidade de retenção de água dos resíduos é ultrapassada e inicia-se a formação de lixiviados;</li> <li>- passagem das condições aeróbias para anaeróbias;</li> <li>- período em que ocorre um pico na concentração de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>;</li> <li>- concentração de metabólitos intermediários (ácidos graxos voláteis) surgem nos lixiviados;</li> <li>- tendências de instalação de condições redutoras no meio.</li> </ul>
Fase III ou Formação ácida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- os ácidos graxos voláteis se tornam preponderantes nos lixiviados;</li> <li>- redução do pH produz a complexação de espécies metálicas.</li> <li>- consumo de N<sub>2</sub> e fósforo para o crescimento dos microrganismos;</li> <li>- detecção do H<sub>2</sub> e influência na natureza dos produtos intermediários formados.</li> </ul>
Fase IV ou Fermentação metanogênica (Aterro antigo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produtos intermediários que apareceram na fase ácida são transformados em CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> em excesso;</li> <li>- incremento do pH a níveis mais elevados controlado pela capacidade tampão do sistema;</li> <li>- potencial de óxido-redução se encontra em valores baixos e consumo importante de nutrientes;</li> <li>- fenômenos de complexação e precipitação de metais continuam a ocorrer;</li> <li>- carga orgânica dos lixiviados decresce e a produção de gases aumenta</li> </ul>

Continua

Continuação

Fase	Característica
Fase V ou Maturação final (Aterro estabilizado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- estabilização dos componentes orgânicos disponíveis nos resíduos e solubilizados nos lixiviados;</li> <li>- concentrações em nutrientes inicialmente elevadas se tornam limitantes;</li> <li>- produção de gases entra em queda acentuada e, em seguida, cessa;</li> <li>- O<sub>2</sub> e espécies oxidadas reaparecem lentamente e um aumento do potencial redox é observado;</li> <li>- matérias orgânicas resistentes à biodegradação são convertidas em moléculas como ácido húmicos.</li> </ul>

FONTE: Adaptado de KURSCHEIDT, 2011; SOUTO, 2009; BRITO FILHO et al, 1999; POHLAND E HARPER, 1985.

Segundo Kurscheidt (2011) a variação na composição dos resíduos e a biodegradabilidade em aterros sanitários, influenciam na decomposição microbiana. Em uma única célula podem ocorrer diferentes fases ao mesmo tempo e as substâncias tóxicas geradas reduzem a influência dos microrganismos na célula. Por esta razão, as fases de um aterro não são bem definidas, porque algumas células continuam recebendo resíduos novos. A geração de subprodutos como: gases e lixiviado permanecem, e o tratamento adequado é fundamental para minimizar os impactos ambientais.

O QUADRO 2 apresenta as principais características das fases do Aterro sanitário da Caximba durante sua operação.

QUADRO 2 – FASES DE DECOMPOSIÇÃO DO CHORUME DO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA

Fase / Chorume	Característica
Fase I / Antigo	Ocupa uma área de 237.000 m <sup>2</sup> , com preenchimento entre 1989 e 2002, foi encerrado e coberto há 7 anos.
Fase II / Novo	Ocupa uma área de 32.540 m <sup>2</sup> , com preenchimento entre 2002 e 2004, foi encerrado há 5 anos.
Fase III / Novo	Operação iniciada em maio de 2004 para uma vida útil de 4 anos e 2 meses, ocupa uma área de 61.000 m <sup>2</sup> e foi encerrado em novembro de 2010.

FONTE: Adaptado de KURSCHEIDT, 2011

A forma mais comum de tratamento de lixiviado é de natureza biológica, porém é recomendado a aterros jovens (com até 5 anos de idade), devido à alta concentração de material orgânico. Para aterros velhos ou estabilizados, a presença de substâncias recalcitrantes (difícil biodegradação), o tratamento recomendado é o físico-químico (CALLI, MERTOGLU; INANC, 2005).

O processo de tratamento do lixiviado da FASE I do chorume do aterro da Caximba compreende: tanque de equalização, tratamento físico-químico, três sistemas de lodo ativado e três decantadores. Já nas FASES II e III, abrangem tanque de equalização e duas lagoas aeradas (KURSCHEIDT, 2011).

## 2.5 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CURITIBA

Segundo Silva (2016) o equacionamento da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos é de significativa relevância social e econômica para as metrópoles brasileiras, pois engloba a otimização e o uso de recursos das entidades públicas e por se tratar de um interesse coletivo, e pelos seus impactos negativos gerados na qualidade de vida da população, principalmente pela disposição inadequada.

Segundo Okamura (2013) o aterro sanitário da Caximba foi implantado ao sul do município de Curitiba, no bairro da Caximba, entre os municípios de Araucária e Fazenda Rio Grande, possui uma área total de 410.000 m<sup>2</sup>, sendo 237.000 m<sup>2</sup> a área destinada à disposição de resíduos. O aterro operava desde 1989 e recebeu os 36 resíduos sólidos urbanos de Curitiba e de 17 municípios da Região Metropolitana até 2010, quando ocorreu seu encerramento.

Apesar da previsão de recebimento de resíduos até 2004, segundo Silva, Rabelo e Bollmann (2008), o aterro sanitário da Caximba continuou recebendo em média cerca de 2.400 t/dia até o ano de 2010, quando seu encerramento foi decretado. A composição dos resíduos sólidos urbanos era de aproximadamente 55% de resíduo orgânico, 30% de resíduo reciclável e 15% de rejeitos.

O QUADRO 3 apresenta dados sobre a quantidade acumulada de lixo nos aterros sanitários do Paraná entre os anos de 2010 a 2012.

QUADRO 3 - QUANTIDADE ACUMULADA DE RESÍDUOS NOS ATERROS SANITÁRIOS DO ESTADO DO PARANÁ

Município	Ano de Ativação	Ano de Desativação	População Inicial	Produção per capita (Kg)	Produção até 2010 (t)	Produção até 2011 (t)	Produção até 2012 (t)
Apucarana	1998	2020	103.848	0,50	265.894	288.197	310.780
Campo Mourão	2000	2021	75.662	0,50	150.502	164.883	179.410
Cascavel	2000	2021	235.445	0,70	762.506	843.830	927.374
<b>Curitiba</b>	<b>1989</b>	<b>2010</b>	---	<b>0,65</b>	<b>12.104.551</b>	<b>Inativo</b>	<b>Inativo</b>
Foz do Iguaçu	1999	2019	255.606	0,60	779.889	859.715	941.913
Francisco Beltrão	1999	2014	71.500	0,50	176.000	192.745	209.841
Guarapuava	1999	2014	132.146	0,50	285.462	310.315	335.336
Londrina	2000	2021	662.789	0,50	1.499.212	1.655.552	1.815.582
Toledo	2001	2017	81.269	0,50	155.627	168.173	184.987
Umuarama	2005	2025	94.669	0,50	98.988	118.704	138.960

FONTE: Adaptado de SILVA, 2010.

Segundo Silva (2016), em 2014 o município de Curitiba, continuou gerando menos que 1 kg de resíduo por habitante por dia (0,88 kg/habitante/dia). Em 2012 houve um aumento expressivo, para 1,04 kg/habitante/dia para o qual não se identificou causa específica, mas retornou aos patamares anteriores no ano seguinte.

Segundo IFC (2015), Curitiba enfrenta desafios contínuos em relação à geração e gestão de resíduos, como a propagação de lixões irregulares, baixa taxa de reciclagem e altos custos de disposição e transporte (que requerem o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis). Em troca da prestação de serviços de gestão de resíduos, Curitiba cobra uma taxa fixa para usuários (diferenciada por

uso, comercial e residencial) que totaliza aproximadamente 90 milhões de reais por ano para o município.

Em relação à coleta e transporte de resíduos, a cidade terceirizou o serviço à empresa Cavo, uma operadora do setor privado. As atividades de gestão de resíduos da Cavo incluem a coleta, transporte a aterros, coleta seletiva de recicláveis, limpeza de ruas e rios e monitoramento do aterro da Caximba (IFC, 2015).

O QUADRO 4 indica um resumo dos contratos de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos da cidade de Curitiba e um resumo dos números financeiros dos serviços de coleta:

QUADRO 4 - RESUMO DOS CONTRATOS DE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CURITIBA

SERVIÇO/CONTRATO	CUSTO MENSAL (R\$ MILHÕES)	CUSTO ANUAL (R\$ MILHÕES)	% DO CUSTO
Coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos e resíduos de limpeza	6	72,2	42,4%
Coleta e transporte de recicláveis	1,6	19,5	11,5%
Coleta indireta de resíduos domésticos	0,2	2,8	1,7%
Limpeza manual bidirecional	0,6	7,6	4,5%
Limpeza manual unidirecional	1,9	22,8	13,4%
Limpeza mecanizada	0,2	2,5	1,4%
Limpeza e lavagem do mercado	0,2	1,9	1,1%
Remoção de cartazes e lavagem de calçadas	0,1	1,5	0,9%
Limpeza especial	1,3	16,1	9,4%
Limpeza de rios - programa "olho d'água"	0,2	2,8	1,6%
Coleta, transporte e destinação para tratamento de resíduos domésticos perigosos	0	0,3	0,2%

Continua



Continuação

SERVIÇO/CONTRATO	CUSTO MENSAL (R\$ MILHÕES)	CUSTO ANUAL (R\$ MILHÕES)	% DO CUSTO
Manutenção e monitoramento do Aterro de Curitiba (Caximba)	0,5	6	3,5%
Coleta de resíduos verdes e de C&D domésticos	1,2	14,3	8,4%
Total	<b>14,2</b>	<b>170,3</b>	<b>100%</b>

FONTE: Adaptado de IFC, 2015.

O QUADRO 4 evidencia que o município de Curitiba gasta com manutenção e monitoramento do aterro cerca de 6 milhões de reais por ano. Custo esse que leva em consideração a amostragem e análise do chorume, além de contratos com terceiros para realização de análises de metais.

Segundo IFC (2015), em estudo realizado em 2015, evidenciou que cerca de 1% do total de resíduos gerados em Curitiba é composto de metais ferrosos e 5% de metais não ferrosos, analisados em cerca de 500 kg de resíduos domésticos. Em meio aos dados, existe a necessidade premente de redução de custos, e da manutenção dos poluentes gerados, principalmente no que diz respeito aos metais dissolvidos, mediante a desativação do aterro.

## 2.6 COMPOSIÇÃO DO CHORUME

Chorume é o nome tradicionalmente dado ao que hoje, no meio técnico brasileiro, se denomina lixiviado de aterro sanitário. O termo chorume, passou a ser considerado por alguns autores como referente unicamente aos líquidos provenientes dos próprios resíduos, tanto como parte da umidade natural destes quanto os produzidos pela sua decomposição (SOUTO, 2009).

O chorume é um dos principais constituintes que podem contaminar indiretamente diversos meios aquáticos. De acordo com Murray (1981), Serafim et al. (2003), Tavares (2011) e Marques (2011), o chorume é considerado um dos maiores problemas encontrados em aterros sanitários, de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor, produzido pela massa orgânica do lixo durante a degradação biológica, quando em contato com a água da chuva é capaz de percolar

no solo, gerando um lixiviado tóxico, com valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), metais dissolvidos e amônia.

Segundo Segato (2015), o chorume é formado pela digestão de matéria orgânica sólida, por ação de exo-enzimas produzidas por bactérias, que tem por função solubilizar a matéria orgânica para que possa ser assimilada pelas células bacterianas. A umidade favorece a decomposição anaeróbia, e sua produção depende de condições como topografia, geologia, regime e intensidade das chuvas.

No Brasil, segundo Silva (2010), os resíduos sólidos gerados, são destinados aos aterros sanitários sem que haja tratamento prévio e dispostos diretamente nas camadas de argila impermeabilizantes. Com o passar do tempo essas camadas começam a ceder, devido à movimentação dos materiais em decomposição, permitindo a infiltração da água que transportará substâncias presentes no chorume, tais como metais pesados para os lençóis freáticos.

A impermeabilização da base dos aterros conseguiu praticamente eliminar o principal risco ambiental, que seria a contaminação dos aquíferos pela infiltração do lixiviado. Entretanto, este, agora recolhido pelo sistema de drenagem, não pode ser lançado diretamente num corpo receptor. Suas características físico-químicas lhe conferem um elevado potencial poluidor, de modo que requer tratamento (SOUTO, 2009).

Os subprodutos oriundos da decomposição dos resíduos tais como o lixiviado e o biogás provenientes de aterro sanitário, de acordo com Barros (2013), precisam ser monitorados de forma adequada, para que não sejam dispostos no meio ambiente, trazendo prejuízos ao ar, solo, águas subterrâneas e superficiais.

Segundo Mendes (2004), a fração orgânica no chorume é composta por proteínas, carboidratos e lipídios além de poluentes orgânicos persistentes. Quanto à fração inorgânica de metais pesados, as concentrações variam de acordo com o tipo de resíduo depositado no aterro, aumentando conforme os despejos inadequados.

A parte inorgânica do aterro é composta de íons metálicos que podem ser carregados pelo chorume, oriundos de atividades antrópicas, conforme mostra o QUADRO 5.

QUADRO 5 - ÍONS PRESENTES NO CHORUME

Íons	Fontes
As <sup>3+</sup> , Sb <sup>3+</sup> , Cr <sup>6+</sup>	Embalagens de tintas, vernizes e solventes orgânicos.
Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , Ag <sup>+</sup>	Tubos de PVC, filmes fotográficos e raios-X.
Al <sup>3+</sup>	Latas descartáveis, utensílios domésticos, cosméticos e embalagens laminadas em geral.
Ni <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup>	Baterias recarregáveis.
Hg <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>	Pilhas comuns e alcalinas e lâmpadas fluorescentes.
Cu <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Sn <sup>2+</sup>	Material eletrônico, latas e tampas de garrafas.
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Material orgânico.
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	Material orgânico, entulhos de construção e cascas de ovos.

FONTE: IPT, 2000.

Segundo Iwai (2005) e Brito, Pelegrini e Paterniani (2007), a composição química do chorume, varia muito, dependendo da idade do aterro. Durante a fase de formação de ácidos ocorre a queda do pH e conseqüentemente mobilização e possível complexação de metais.

As águas também interferem na mobilidade dos componentes presentes no chorume, segundo Monteiro, Jucá e Rêgo (2001), em períodos chuvosos ocorre uma diluição do lixiviado causada pelos maiores volumes de água infiltrada, e uma diminuição das diversas variáveis físico químicas do lixiviado, considerando a vazão versus concentração.

No estudo realizado por Krugel (2013), verificou-se a presença de vários metais no chorume da central de tratamento de resíduos em Curitiba (PR), como arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio e zinco. Ainda segundo Krugel (2013), as concentrações de metais como ferro, manganês, zinco, cobre, chumbo e cádmio podem ser maiores em aterros jovens devido a estes se encontrarem na fase III da degradação de resíduos, que é a etapa de formação de ácidos e onde ocorre a complexação dos metais, permitindo a solubilização dos íons metálicos.

O monitoramento dos níveis de metais no chorume constitui um importante instrumento de gestão ambiental. Agências ambientais de todo o mundo passaram a

exigir que esse líquido seja mantido em níveis mínimos de produção (CELERE et al, 2007).

Segundo Loureiro (2005) o monitoramento de um aterro sanitário tem como objetivo a coleta de dados que permitam avaliar a sua influência sobre o meio ambiente e definir ações permanentes para sua conservação. Desse modo, os aterros sanitários devem ser monitorados no que se referem aos aspectos meteorológicos, geotécnicos, hidrológicos, físico-químicos, controle do recebimento do resíduo.

A partir dos aspectos supracitados e, considerando os potenciais impactos ambientais negativos, pode-se dizer que os programas de monitoramento visam avaliar a eficiência dos processos industriais e de controle da poluição, devendo abranger o solo, ar, água e lençóis de água subterrânea (LOUREIRO, 2005, p. 212).

Loureiro (2005) explana que a frequência da coleta das amostras e das medições in situ, a escolha dos parâmetros a analisar e a medir, as técnicas e os métodos a utilizar, as frequências de apresentação dos resultados devem ser acordadas com o Órgão Estadual de Controle da Poluição Ambiental e devem constar no projeto.

Dado que o Brasil tem adotado a disposição final dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário como política de gerenciamento, a investigação de processos adequados para o tratamento do lixiviado se impõe como necessidade premente (SOUTO, 2009).

## 2.7 IMPORTÂNCIA E NOCIVIDADE DOS METAIS FERRO, ZINCO, MANGANÊS, CROMO, BORO, ALUMÍNIO, BÁRIO E NÍQUEL PARA A SAÚDE HUMANA

Os metais comuns fazem parte de um grupo de elementos químicos sólidos, com exceção do mercúrio que é líquido, caracterizados pelo brilho, dureza, cor amarelada a prateada, condutividade elétrica, calor, maleabilidade, elevados pontos de ebulição e fusão (BAIRD, 2002).

Na natureza, são encontrados em abundância principalmente no solo. Estudos mostram que algumas espécies metálicas, podem ser adsorvidas em maior quantidade, geralmente em estruturas iônicas complexadas na matéria orgânica (ROCHA, ROSA E CARDOSO, 2009).

A ocorrência de elevados níveis de metais-traço em especial nos sedimentos pode ser uma boa indicação de poluição e elevados níveis de metais pesados podem muitas vezes, ser atribuídos a influências antropogênicas, ao invés de um enriquecimento natural dos sedimentos geológicos por intemperismo (JESUS et al, 2004)

Segundo Pinto (2005), quando os metais não são dispostos de forma natural, eles podem ter origem antropogênica, por meio de fertilizantes, pesticidas, atividades agrícolas, queima de combustíveis fósseis, lixiviação de componentes presentes em baterias, pigmentos, tintas, usos médicos e em aditivos de combustíveis e lubrificantes.

Essas atividades antropogênicas intensificam a produção de materiais compostos de metais pesados. Segundo Leite, Bernardes e Oliveira (2004) há um aumento considerável na adsorção dos metais na natureza por materiais com misturas muito complexas, tais como, papéis, vidros, plásticos, orgânicos e ligas metálicas em geral.

A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) descreve que de todos os 116 elementos químicos presentes na tabela periódica, existem cerca de 50 nos tecidos e fluídos do organismo humano. O carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio representam aproximadamente 95% do peso total do corpo humano; o restante é constituído de minerais essenciais (4%), não essenciais (1%) e tóxicos (FAO, 2006).

O ferro, zinco, manganês e cromo, segundo FAO (2006), Alvarenga (2007) e Zacharias (2013) são essenciais aos seres vivos, pois auxiliam no funcionamento das enzimas e possibilitam que o corpo realize de forma precisa suas atividades, porém, na natureza ou no corpo humano conferem toxicidade quando encontrados em grandes quantidades.

O alumínio, bário e níquel são considerados tóxicos aos seres vivos, pois seus quadros de intoxicação podem ser agudos ou crônicos (FAO, 2006; LIMA e MERÇON, 2010). O boro é classificado como possivelmente essencial e suas funções biológicas ainda estão em estudo pela comunidade científica (FAO, 2006; ZACHARIAS, 2013),

O QUADRO 6 apresenta os metais ferro, zinco, manganês, cromo, boro, alumínio, bário e níquel, de acordo com a origem, uso antrópico e efeitos nocivos em relação à exposição ao corpo humano.

QUADRO 6 - ORIGEM, USO ANTRÓPICO E NOCIVIDADE DOS METAIS FERRO, ZINCO, MANGANÊS, CROMO, BORO, ALUMÍNIO, BÁRIO E NÍQUEL.

	<b>Origem</b>	<b>Uso antrópico</b>	<b>Nocividade</b>
<b>Ferro</b>	<p>O ferro tem origem de sedimentares acamadados; soluções hidrotermais; atividades vulcânicas; processos de metamorfismo e/ou resultantes de alteração e acúmulo na superfície terrestre, e pode ser encontrado como íon ferro, em compostos iônicos, em certos tipos de meteoritos e na forma iônica oxidada em diversos tipos de minerais, sendo que os principais são: hematita (<math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>), magnetita (<math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>), siderita (<math>\text{FeCO}_3</math>), limonita (<math>\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}</math>) e piritita (<math>\text{FeS}_2</math>) (CARVALHO et al, 2013; CAVASSA, 2013)</p>	<p>Cerca de 99,0% do minério de ferro são utilizados na fabricação do aço e ferro fundido, na indústria automobilística, construção civil, Indústria mecânica e eletrônica (JESUS, 2009; CAVALCANTI, 2012)</p>	<p>O consumo em excesso ocasiona a talassemia, má-formação de hemoglobina e glóbulos vermelhos, hemocromatose hereditária, disfunção de múltiplos órgãos, fadiga, artrite, dor abdominal, perda de peso, hepatomegalia (aumento anormal do fígado), esplenomegalia (aumento anormal do baço), baixa estatura e artropatia. E em casos que não há tratamento: cirrose hepática, insuficiência hepática, diabetes mellitus e hipotireoidismo (CANÇADO, 2007; FISBERG, 2008 e ESPÓSITO, 2011)</p>
<b>Zinco</b>	<p>Ações antropogênicas e naturais como chuva, gelo, calor solar, processos eólicos, erupções vulcânicas, fogos florestais entre outros, contribuem para a presença de zinco e seus compostos na maioria das rochas, minerais e solo (MEDEIROS, 2011; KAUR et al, 2014)</p>	<p>Utilizado na produção do aço (contra a corrosão), particularmente no preparo de materiais galvanizados, na indústria automobilística e na construção civil (ICZ, 2012; MEDEIROS, 2011).</p>	<p>A intoxicação aguda provoca náuseas, vômitos, dor epigástrica, diarreia, mal-estar, cansaço, ulcerações gástricas, lesões renais e efeitos adversos no sistema imunitário, se inalado pode provocar febre, calafrios, gastroenterite, substernal, dor no peito e tosse (NRIAGU, 2007; PLUM, RINK e HAASE, 2010; SANTOS e FONSECA, 2012).</p>
<b>Manganês</b>	<p>O manganês está presente no solo como um resultado da resistência mineral e deposição atmosférica, proveniente de fontes naturais e antropogênicas. Existem três possíveis estados de oxidação do manganês no solo, nomeadamente Mn (II), Mn (III) e Mn (IV) presentes em solos, sedimentos, rochas, água e materiais biológicos (Ruppenthal, 2013; Nadaská, Lesny e Michalik, 2016).</p>	<p>Cerca de 90% de todo o manganês puro produzido é utilizado pela indústria siderúrgica, mineração, produção e uso de fertilizantes (sulfato), fungicidas, secantes em tintas e vernizes (naftenato e resinato), fabricação de pilhas secas (dióxido de manganês), produção de vidros, cerâmica e produtos farmacêuticos (Baetty, 2004; Ruppenthal, 2013)</p>	<p>Pode resultar em uma doença neurológica conhecida como manganismo, seus sintomas incluem tremores, dificuldade para caminhar e espasmos musculares faciais. Se ingerido, causa lesões corrosivas gastrointestinais e sangramentos. Se inalado pode causar pneumonite, problemas de concentração e de memória (ATSDR, 2012; Ford et al., 2001)</p>

Continua

Continuação

<b>Cromo</b>	O cromo pode ser encontrado em rochas, no solo e em poeiras de gases vulcânicos, predominantemente nas formas de cromo (VI) em fontes naturais e cromo (0) em fontes industriais (ATSDR, 2000; CHEIS, 2013).	É utilizado na fabricação do aço inoxidável, na indústria de couro, tintas, explosivos e cerâmicas. Seu uso está voltado ao tratamento anticorrosivo e blindagem elétrica para alguns componentes eletrônicos. Além do uso em cromados como fabricação de corantes, pigmentos, escurecimentos de peles e preservação da madeira (TEIXEIRA et al, 2016; CHEIS, 2013; BARROS, 2016).	A falta de cromo pode ocasionar resistência à ação da insulina. A ingestão em excesso ocasiona efeitos cutâneos, nasais, bronco-pulmonares, renais, gastrointestinais e carcinogênicos, danos oxidativos ao ácido desoxirribonucleico (DNA) e danos às mitocôndrias, apoptose e mutagenia (FIB, 2016; BOETCHER, 2008; HEPBURN e VICENT, 2003; STEARNS et. al., 2002).
<b>Boro</b>	O boro elementar, não é encontrado livre na natureza, por estar sempre combinado com o oxigênio para a formação de composto-covalentes, que são definidos como boratos (VAITSMAN, AFONSO e DUTRA, 2001; SOARES e ALLEONI, 2005).	É utilizado em vidros como borossilicato, cerâmicas, sabões, detergentes e na agricultura como pesticidas e fertilizantes, na indústria da limpeza em detergentes e em inibidores de fogo (ANDIA, 2009; ATSDR, 2010).	Por contato prolongado na pele, produz dermatite, erupções eritematosas e dermatite psoríase; inalado causa hemorragia, tosse, dores de garganta e no peito; ingerido em altas doses causa dores abdominais, diarreia, sonolência, cefaleias, náuseas, vômitos, pele seca, afeta o estômago, intestinos, fígado, rins, cérebro e pode, eventualmente, provocar a morte (ATSDR, 2007; SAINZ, 2009; FÉLIX, 2016).
<b>Alumínio</b>	A bauxita é a principal fonte comercial de alumínio. Disposto em várias formas químicas como rochas, solos, argilas, vegetação, locais de abastecimento de água e como parte da poeira no ar (MOURA et al, 2008; ABAL, 2011).	Utilizado na produção de artefatos, ligas metálicas, soldagem, medicamentos (antiácidos), embalagens, catalisadores, combustível sólido para foguetes, tratamento de água, processos automotivos, transportes, e em transmissões elétricas (ATSDR, 2008; MOURA et al, 2008).	As principais vias de exposição são orais e inalatória. A ingestão acarreta em problemas digestivos, dores musculares, perda de memória e danos ao sistema nervoso. Se inalado pode levar a fibrose pulmonar. O consumo em grandes quantidades pode causar ulceração de lábios e boca, anemia microcítica, osteomalecia, intolerância à glicose devido à uremia e paragem cardíaca (CETESB, 2012a; ATSDR, 2008; BASTOS, 2007)..

Continua

Continuação

<b>Bário</b>	Não é um metal que ocorre de forma livre na natureza, quando encontrado aparece na forma combinada, principalmente como barita (sulfato de bário natural) e witherita (carbonato de bário natural) (VAITSMAN, AFONSO e DUTRA, 2001; CETESB, 2012b).	Os compostos de bário são utilizados na fabricação de tintas, vidros, borrachas, cerâmicas, pigmento branco para papel, lâmpadas fluorescentes, ligas metálicas, sabão e têxteis. Na forma de barita é usado na indústria automobilística como carga, extensor, pigmentos, isolamento acústico, plásticos, borrachas e revestimento de produtos de fricção (CETESB, 2012b; LUZ e BALTAR, 2005),	Compostos de bário solúveis em água causam hipocalcemia (baixa concentração de potássio no sangue), taquicardia ventricular, hipertensão ou hipotensão arterial, fraqueza muscular, paralisia, alterações no ritmo cardíaco, danos nos rins, doenças neurodegenerativas como esclerose múltipla, disfunções gastrintestinais e óbito em casos que não há tratamento (ATSDR, 2007; CETESB, 2012b e GROUP, 2013).
<b>Níquel</b>	Está presente no solo, em minerais, meteoritos (em liga metálica com o ferro) e, em princípio, sua existência também é constatada no núcleo da Terra, podendo ser emitido através de vulcões (ATSDR, 2005a; RUPPENTHAL, 2013).	Cerca de 70% é utilizado na indústria siderúrgica. As ligas formadas com ferro, cobre, cromo e zinco, são utilizadas na fabricação de moedas de metal, joias, na indústria para fazer itens como válvulas e trocadores de calor, na fabricação do aço inoxidável, colorir cerâmica, fabricação de baterias e catalisadores (RUPPENTHAL, 2013; ATSDR, 2005a).	Em elevadas concentrações ocasiona náuseas, vômitos, diarreia, dor de cabeça dor de estômago, efeitos neurológicos, tosse, falta de ar, alterações sanguíneas (aumento de glóbulos vermelhos) e renais (perda de proteínas na urina). Trabalhadores expostos a compostos de níquel, mostraram um risco elevado de morte por câncer nasal e de pulmão (PHE, 2009; FÉLIX, 2016).

FONTE: O autor (2016).

O QUADRO 6 indica que os metais ferro, zinco, manganês, cromo, boro, alumínio, bário e níquel são necessários para muitas funções do corpo humano, mas quando presentes em excesso podem causar intoxicações (SINICROPI et al, 2010). Os sistemas mais sensíveis à contaminação são: sistema nervoso (central e periférico), sistema gastrintestinal, cardiovascular, sistema renal e sistema sanguíneo. Em sua maioria, geram problemas de saúde permanentes, dependendo da forma química que se apresentam (FLORA e PACHAURI, 2010).

## 2.8 METAIS DISSOLVIDOS NO AMBIENTE

Os metais nos sistemas aquáticos podem ser transportados na fração dissolvida e particulada (ZAGATTO E BERTOLETTI, 2006). Na fração dissolvida, os principais compostos responsáveis pela complexação de espécies metálicas são os



compostos orgânicos em solução, principalmente as substâncias húmicas aquáticas (SODRÉ; PERALTA-ZAMORA; GRASSI, 2004).

Na forma particulada suspensa, os metais podem estar adsorvidos à matéria orgânica e a outras superfícies; incorporados em organismos e coprecipitados com óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e manganês ( $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ). A forma dissolvida/filtrável corresponde àquela parte da amostra de água que passa livremente através de um poro de 0,45  $\mu\text{m}$ , e a fração particulado/insolúvel é a parte da amostra de água aprisionada pelo filtro (LESTER, 1987; LAYBAUER E BIDONE, 1998; CSUROS E CSUROS, 2002 e FALQUETO, 2008).

Segundo Csuros e Csuros (2002), Falqueto (2008) e Nascimento et al. (2015) o resultado para metais totais deve ser sempre maior ou igual ao resultado da análises de metais dissolvidos, uma vez que os metais dissolvidos configuram o subconjunto de metais totais. Considerados como mais móveis e biologicamente mais disponíveis, os metais dissolvidos são úteis para a avaliação de risco e de espécies.

Riscos estes, avaliados por Jesus et al. (2004), nas concentrações médias de Fe, Cu, Pb, Zn, Mn e Hg em sedimentos no estuário da Baía de Vitória, oriundos da influência antrópica em decorrência do lançamento de efluentes domésticos e industriais, cujas correlações negativas observadas entre matéria orgânica e metais, também foram observadas nos compostos de choroume, do qual a composição evidencia efeito de diluição devido à alta carga orgânica constantemente liberada.

## 2.9 REQUISITOS PARA REALIZAÇÃO DE AMOSTRAGEM DE MATERIAIS LÍQUIDOS

Quando não é possível a medida direta em campo de substâncias sólidas, líquidas ou gasosas, é necessário recolher amostra do material para posterior análise e tratativas, para fins de controle ou de investigação, ou para caracterizar os níveis de poluentes em meios ambientais (ar, água, solo e biota). Essa atividade é denominada de amostragem e tem por objetivo representar o todo que está sendo estudado ou medido (ROCHA; ROSA e CARDOSO, 2009).

O Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), descreve que uma amostra, por definição, representa o

próprio ambiente estudado e, assim, a sua coleta exige profundo conhecimento técnico e científico, o que significa contar com recursos humanos altamente treinados e capacitados para desenvolverem atividades em campo (CETESB, 2011).

Segundo APHA (2012e), através do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, em seu método 3010 B, há sérios erros que podem ser cometidos durante a amostragem e no armazenamento das amostras, tais como identificação inadequada, temperatura de transporte e armazenamento fora dos padrões, falta de treinamento específico para manuseio da amostra, seleção inadequada de frascos e materiais, etc.

As várias formas de contaminação cruzada pelo mau planejamento da amostragem causam alterações químicas que, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) podem ocorrer na estrutura dos constituintes, em função das condições físico-químicas da amostra. Assim, metais podem precipitar-se como hidróxidos, ou formar complexos com outros constituintes; os cátions e ânions podem mudar o estado de oxidação; íons podem ser adsorvidos na superfície interna do frasco de coleta; e outros constituintes podem dissolver-se ou volatilizar-se com o tempo (CETESB, 2011).

Ainda segundo CETESB (2011), para estes casos, a preservação química mostra-se importante, e é uma das etapas fundamentais para a garantia da preservação dos analitos na amostra, minimizando a reatividade dos compostos químicos e complexos, reduzindo a volatilidade ou precipitação dos constituintes, desencadeando os efeitos da adsorção ou preservação dos organismos.

O monitoramento por meio da amostragem do chorume em aterros sanitários, segundo Lanza e Carvalho (2006), deve contemplar um plano de monitoramento com a eficácia das medidas mitigadoras e a eficiência sanitária e ambiental do sistema como um todo, possibilitando a verificação de eventuais falhas e/ou deficiências e a implementação de medidas corretivas para evitar o agravamento dos impactos ambientais.

Medições da concentração total do metal não fornecem informações sobre sua toxicidade e reatividade, sendo então mais recomendada a determinação na fração solúvel, necessitando assim filtrar a amostra antes da sua análise (MILANI, 2004).

O correto manuseamento das amostras e a preservação química garantem que as características da amostra sejam as mesmas do local amostrado, conforme

descreve Prista (2012), ao afirmar que as perdas de analitos podem ser provocadas por volatilização, absorção, adsorção, transformação, precipitação ou coprecipitação como resultado dos tratamentos utilizados durante as fases de amostragem.

Para que haja a garantia de qualidade dos resultados, e para que a amostragem seja representativa, Ribani et al. (2004) e Leite et al. (2013), descrevem que a realização do planejamento que antecede a amostragem é relevante para a compreensão da interação dos ecossistemas com o ambiente aquático e permite obter resultados tanto pelo procedimento analítico utilizado, quanto pela natureza e concentração do composto ou matriz de interesse (ANVISA, 2003).

O levantamento de dados e informações para indicar o correto monitoramento a ser implantado, segundo a resolução CONAMA n° 357 de 2005, deve atender à necessidade de responder ao que está sendo alterado e por que estas modificações estão ocorrendo. Essas respostas são necessárias para que ações tomadas sejam eficientes na redução dos danos ao meio ambiente (BRASIL, 2005).

## 2.10 FILTRAÇÃO DE AMOSTRAS PARA ANÁLISE DE METAIS DISSOLVIDOS NO CHORUME

De acordo com a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), em seu método 1669, a filtração é realizada para avaliar os metais dissolvidos, que compreendem íons livres, complexos inorgânicos e complexos orgânicos de baixo peso molecular. E deve ser realizada para evitar que ocorram reações de oxirredução por exposição ao ar, tornando o metal insolúvel (USEPA, 1996).

As amostras são filtradas para vários fins, como remover microrganismos, ajudar na preservação das concentrações de metais dissolvidos no ambiente, ou para remover materiais suspensos que interferem na qualidade da amostra. De acordo com a *American Public Health Association* (APHA), antes de realizar a amostragem e decidir se a fração analisada é dissolvida, suspensa, total ou ácido-extraível, esta decisão irá determinar, em parte, se a amostra é preservada com ou sem filtração e o tipo de digestão necessária (APHA, 2012d).

Considerada como fonte de menor variabilidade e polarização, a filtração das amostras antes da acidificação, segundo KDHE (2006), é empregada para diversas finalidades: maximizar a integridade da amostra durante o transporte desde

o local de amostragem até o laboratório, separar os componentes totais das frações solúveis da substância (por exemplo, metais dissolvidos), extrair o material filtrado de substâncias biológicas tais como clorofila e algas e separar a biomassa para análise de efluentes.

Segundo Hall et al. (1996) e Parron, Muniz e Pereira (2004), a fração dissolvida contém elementos que podem ser influenciados pelo tipo e diâmetro do filtro, método de filtração, concentração e distribuição de sedimentos suspensos, concentração de colóide e volume de água processada.

O QUADRO 7 apresenta a composição e porosidade dos filtros de acordo com as aplicações listadas.

QUADRO 7 - APLICAÇÃO DAS MEMBRANAS FILTRANTES CONFORME POROSIDADE

<b>Composição do polímero da membrana</b>	<b>Aplicações</b>	<b>Compatibilidade</b>	<b>Tamanho do poro (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Ésteres mistos de celulose (MCE)	Análise de partículas microbiológicas	Soluções aquosas	0,1 a 5,0
Acetato de celulose	Filtração de ligações citológicas	Soluções aquosas	0,2 a 3,0
Acetato de celulose revestido (CMF)	Purificar soluções pré-filtro	Soluções aquosas	0,8 a 10,0
Politetrafluoretileno (PTFE) hidrofílico	Purificar soluções de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE, em inglês: <i>High Performance Liquid Chromatography</i> , HPLC) ou esterilizar misturas aquoso-orgânicas	Soluções orgânicas e aquosas	0,1 a 1,0
Politetrafluoretileno (PTFE) hidrofóbico	Purificar ou esterilizar ventilação de gases	Soluções não aquosas	0,1 a 3,0
PTFE Hidrofóbico com suporte de polipropileno	Solventes e ácidos fortes	Soluções não aquosas	0,1 a 1,0
Nylon	Filtrar/esterilizar soluções degaseificadas de HPLC	Soluções orgânicas e aquosas	0,1 a 5,0
Polycarbonato (PCTE)	Teste de bebidas por microscopia	Soluções aquosas	0,1 a 8,0

FONTE: Adaptado de ANALÍTICA, 2015.

O filtro utilizado para filtrações em campo, segundo Radtke, Horowitz e Sandstrom (1999) e Bottura (2009) é uma cápsula descartável ou reutilizável constituída por um meio filtrante, com carcaça plástica capaz de gerar vácuo e pressão suficiente (positiva ou negativa) para forçar a água através da membrana.

A membrana com poro de 0,45  $\mu\text{m}$  é usada rotineiramente, para a maioria das pesquisas envolvendo a análise de metais dissolvidos. Segundo Trotter, Rodrigues e Thoma (2002), Dias (2006) e Allothman et al. (2013) as membranas são usadas tanto para separar partículas, como para fracionar moléculas de diferentes massas molares, além de atuar como barreiras seletivas.

Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), quando há grande volume de amostras e fases móveis o sistema de filtração deve ser acoplado a uma bomba a vácuo, facilitando assim o trabalho manual de pressurização. Quando há pequeno volume de amostras, podem ser utilizadas unidades de filtro tipo seringa, cuja composição pode ser de misturas ésteres de celulose ou politetrafluoretileno (PTFE) também conhecido como teflon.

Radtke, Horowitz, Sandstrom (1999) e Kasper et al. (2014) descrevem que, no ambiente, as concentrações de metais dissolvidos podem estar abaixo do limite de detecção dos equipamentos analíticos, portanto, a equipe de campo deve estar atenta a possíveis fontes de contaminação durante a amostragem. Nos casos em que a amostra mostra-se muito turva, recomenda-se a filtração em laboratório, a fim de evitar a saturação dos poros dos filtros.

Segundo a *American Public Health Association* (APHA, 2012d), os interferentes de campo também são importantes meios para avaliação da qualidade da água analisada, uma vez que interferem indiretamente nos resultados analíticos. Quando presentes e identificados, recomenda-se coletar a amostra em frasco livre de preservantes e ácidos, refrigerá-la a 4°C, e realizar a filtração em condições mais limpas no laboratório.

De acordo com a *United States Environmental Protection Agency*, em seu método 1669, as principais fontes potenciais de contaminação de metais traço durante a amostragem incluem o uso de materiais contendo elementos metálicos, como luva de procedimento contendo talco, equipamentos de amostragem não inertes, recipientes contendo zinco, uso de água deionizada e reagentes inadequadamente limpos, emissões atmosféricas e contaminação humana por metais vestigiais (USEPA, 1996).

## 2.11 ESTATÍSTICA: DESVIO PADRÃO, DESVIO PADRÃO RELATIVO E ERRO PADRÃO

A incerteza de medição compreende, em geral, muitos componentes. Alguns desses componentes podem ser estimados com base na distribuição estatística dos resultados das séries de medições e podem ser caracterizados por desvios padrão experimentais. Outros componentes, que também podem ser caracterizados por desvios padrão, são avaliados por meio de distribuições de probabilidade assumidas, baseadas na experiência ou em outras informações (INMETRO, 2003).

O desvio padrão é uma medida de dispersão e o seu valor reflete a variabilidade das observações em relação à média (LUNET; SEVERO; BARROS, 2006).

Segundo Domenegueti (2011) o desvio padrão entre a medida de duas amostras é obtido pela expressão (1):

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Em que:

n = número de medidas realizadas

X<sub>i</sub> = medidas feitas, com i = 1, 2, 3..., n

X = média das medidas realizadas

Segundo APHA (2012f), em estudos envolvendo duplicatas a precisão dos resultados é obtida pela medição da dispersão dos dados por meio do desvio-padrão relativo (DPR) entre as medidas das amostras.

Segundo o método 6010 C da USEPA (USEPA, 2007), calcula-se o desvio padrão relativo (DPR) por meio da expressão (2):

$$DPR = \frac{|F_1 - F_2|}{\left(\frac{|F_1 + F_2|}{2}\right)} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

DPR = Diferença Percentual Relativa

F1 = Resultado da amostra filtrada em campo

F2 = Resultado da amostra filtrada em laboratório

Em estudos envolvendo duplicatas os métodos 1020 do *Standard Methods* (APHA, 2012a) e 6010 C da USEPA (USEPA, 2007), determinam que o DPR entre as duplicatas não pode ser superior a 20% para ser considerado aceitável.

Segundo Lunet, Severo e Barros (2006):

Se várias amostras aleatórias forem obtidas de uma dada população, elas vão diferir relativamente ao valor médio da população em cada uma e, à semelhança do que acontece com as observações de cada amostra individualmente, a distribuição das médias amostrais tem também um desvio padrão. O erro padrão da média de uma amostra é uma estimativa do desvio padrão da distribuição das médias de amostras com o mesmo tamanho obtidas da mesma população, e dessa forma uma medida da incerteza associada à estimativa da média na população.

A obtenção do erro padrão, segundo Lunet, Severo e Barros (2006) dá-se por meio da divisão do desvio padrão entre as amostras pela raiz quadrada do número de observações da amostra, conforme a expressão (3):

$$EP = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Em que:

S = Desvio Padrão

n = tamanho da amostra

### 2.11.1 Teste F (*Snedecor*) e teste t-*Student*

Segundo Vogel (2008) e INMETRO (2011), existem várias técnicas para comparar os resultados obtidos por dois métodos de ensaio, entre as quais: testes de hipótese e planejamento de experimentos. Quando se pretende avaliar se dois métodos (A e B) tem diferenças significativas entre si, em termos de precisão, pode-se recorrer ao teste F (*Snedecor*). Quando se pretende verificar se as médias dos resultados de dois métodos podem ser consideradas estatisticamente iguais o teste “t-*Student*” pode ser aplicado.

Segundo Santos (2003) estes testes podem ser utilizados para o estudo da seletividade dependendo da disponibilidade do analito nas concentrações de interesse. Se as matrizes sem o analito ou um grupo satisfatório de amostras de referência estão disponíveis, podem ser aplicados os testes F (*Snedecor*) de homogeneidade de variâncias e o teste t-*Student* de comparação de médias, ou então realizada a análise dos desvios em relação aos valores de referência.

Estes métodos utilizam o número de graus de liberdade, que correspondem ao número de valores que estão livres para variar depois de certas restrições terem sido impostas a todos os valores (TRIOLA, 2013).

Toda vez que o valor absoluto dos testes calculados for igual ou maior que o da tabela, rejeita-se a hipótese de que as médias em comparação são iguais (VIEIRA, 1999).

Para comparação dos dados e de acordo com as narrações de Triola (2013) e Vieira (1999), os dados obtidos foram comparados com os valores tabelados.

Segundo Inmetro (2011), se F calculado for menor que o F tabelado, as variâncias podem ser consideradas iguais, isto é, a matriz não tem um efeito importante sobre a precisão do método na faixa de concentração em estudo. Se o valor de t calculado for menor que o t tabelado, pode-se concluir que a matriz não afeta o ensaio.

Segundo Inmetro (2007) a avaliação da variância entre os resultados é obtida pelo teste F (*Snedecor*), por meio da igualdade entre os resultados quando comparados com o  $F_{\text{calculado}}$ , obtido pela expressão (1):

$$F_{\text{calculado}} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (1)$$

$S^1$  e  $S^2$  são as variâncias de cada amostra, com a maior variância no numerador. Ao mesmo tempo, obtém-se o valor de  $F_{\text{tabelado}}$ , com  $(n_1-1)$  graus de liberdade no numerador e  $(n_2-1)$  graus de liberdade no denominador; usualmente com nível de confiança de 95% (INMETRO, 2007).

Segundo Inmetro (2007), o teste t-*Student* é considerado paramétrico e robusto para falta de homogeneidade da variância dos erros. Para este, aplicam-se os seguintes cálculos conforme a expressão (2):



- a)  $\bar{X}_1$  e  $\bar{X}_2$  = médias das respostas dos analitos;
- b)  $S_1$  e  $S_2$  = desvios-padrão das respostas dos analitos;
- c)  $T_{\text{calculado}} =$

$$T_{\text{calculado}} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{s^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (2)$$

Em que:  $s^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$  e  $n_1$  e  $n_2$  são os tamanhos das amostras 1 e

2.

O valor de  $T_{\text{tabelado}}$  é obtido a partir da tabela da distribuição de Student para  $(n_1 + n_2 - 2)$  graus de liberdade e a confiança desejada.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram analisadas no Instituto SENAI de Tecnologia (IST) em Meio Ambiente e Química do Paraná, localizado na cidade de Curitiba, e preparado para realizar ensaios em atendimento as principais legislações ambientais vigentes. Em atendimento aos requisitos legais, os laboratórios estão equipados para realizar coleta/amostragem e ensaios de águas, efluentes, resíduos sólidos, emissões atmosféricas e solos.

Como parte desta rede metrológica, o laboratório de espectrometria possibilitou a realização dos ensaios que quantificaram os metais dissolvidos presentes no chorume no período de agosto a dezembro de 2015 e fevereiro a abril de 2016, bem como o fornecimento de materiais para o estudo.

As coletas bem como a análise dos interferentes e metais dissolvidos por amostra foram realizadas em períodos mensais. A comparação das médias obtidas das amostras filtradas em campo e laboratório foram realizadas segundo determinações do Inmetro (2011) por meio de testes estatísticos F (*Snedecor*) e t-*Student*, de acordo com os valores tabelados para cada tipo de teste, conforme conjuntos de dados do período de agosto a dezembro de 2015 e fevereiro a abril de 2016, descritos nos apêndices 1 a 7.

#### 3.1 DESENHO E TIPO DE INVESTIGAÇÃO

O estudo possui duas partes distintas. Preliminarmente, foi desenvolvida a parte teórica a partir de levantamentos bibliográficos, sendo então a pesquisa descritiva e exploratória. A segunda parte compõe-se de um estudo analítico, por meio da coleta de dados de campo e análise de amostras.

A metodologia do estudo bibliográfica e exploratória foi constituída de pesquisas atuais, em estudos informativos e estatísticos que possibilitou realizar uma análise comparativa dos métodos de filtração em campo e laboratório para análise de metais dissolvidos em chorume de aterro sanitário para verificar se as técnicas atendem plenamente ou parcialmente aos requisitos de qualidade. Nesse contexto, segundo Andrade (2003), a pesquisa:

Explica um problema a partir de referências teóricas publicados em documentos. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Ambos os casos buscam conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema (ANDRADE, 2003, p.45).

Em relação à natureza da pesquisa, foi classificada como qualitativa, pois, apresentou uma dinâmica que buscou a melhoria dos processos, além da interpretação dos fenômenos, que se fez pelos resultados encontrados, a partir da atribuição de significados colocados pelo pesquisador (ANDRÉ, 2006).

Contudo, foi adotada indiretamente a metodologia da pesquisa de campo, por meio da investigação observacional e levantamento de dados, a partir de consulta ao material para conhecimento, que propiciou realizar uma análise comparativa dos métodos de filtração em campo e laboratório para análise de metais dissolvidos em chorume de aterro sanitário e posteriormente verificar se as técnicas atendem plenamente ou parcialmente aos requisitos de qualidade.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL

O aterro sanitário da Caximba, localizado ao sul do Município de Curitiba, a 23 km do centro, entre os municípios de Araucária e Fazenda Rio Grande, com início de operação em 20 de novembro de 1989 e desativação no final de 2010, foi escolhido como área experimental do estudo, devido à disponibilidade de carga orgânica e inorgânica decorrente da decomposição dos resíduos depositados, o que configurou uma maior variabilidade de metais dissolvidos passíveis de quantificação (CURITIBA, 2016).

Com uma área total de 1.015.000 m<sup>2</sup>, a área destinada à disposição de resíduos foi de 439.540 m<sup>2</sup>. Ao longo da vida útil, o aterro de Curitiba recebeu mais de 12 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. A área ocupada pelo Aterro Sanitário da Caximba pertence à Área de Proteção Ambiental (APA) do Iguaçu, por se encontrar em região de manancial deste rio (CURITIBA, 2016).

O tratamento convencional do chorume se inicia em um desarenador para remoção de terra e areia, seguido por calha Parshall para medição da vazão. Passa então por uma lagoa de equalização, dotada de aeradores que promovem a homogeneização do efluente. Posteriormente, o chorume é conduzido para duas

lagoas aeradas que funcionam em paralelo, e uma lagoa facultativa dividida em 4 chicanas (CURITIBA, 2016).

Nas lagoas o chorume sofre redução da sua carga poluidora pela ação de bactérias. Em seguida é encaminhado para tratamento de oxidação química e posterior tratamento por lodos ativados. Um pós-tratamento composto por três *Wetlands* foi implantado no final de 2010, onde o chorume é submetido a tratamento por fitoremediação, que consiste no uso de plantas aquáticas e microrganismos associados ao seu sistema radicular para redução da carga poluidora do efluente (CURITIBA, 2016).

A FIGURA 1 apresenta o aterro sanitário da Caximba, após a sua desativação, com as células de disposição dos resíduos cobertas e vegetação rasteira, bem como os sistemas de valas utilizados para a drenagem do chorume.

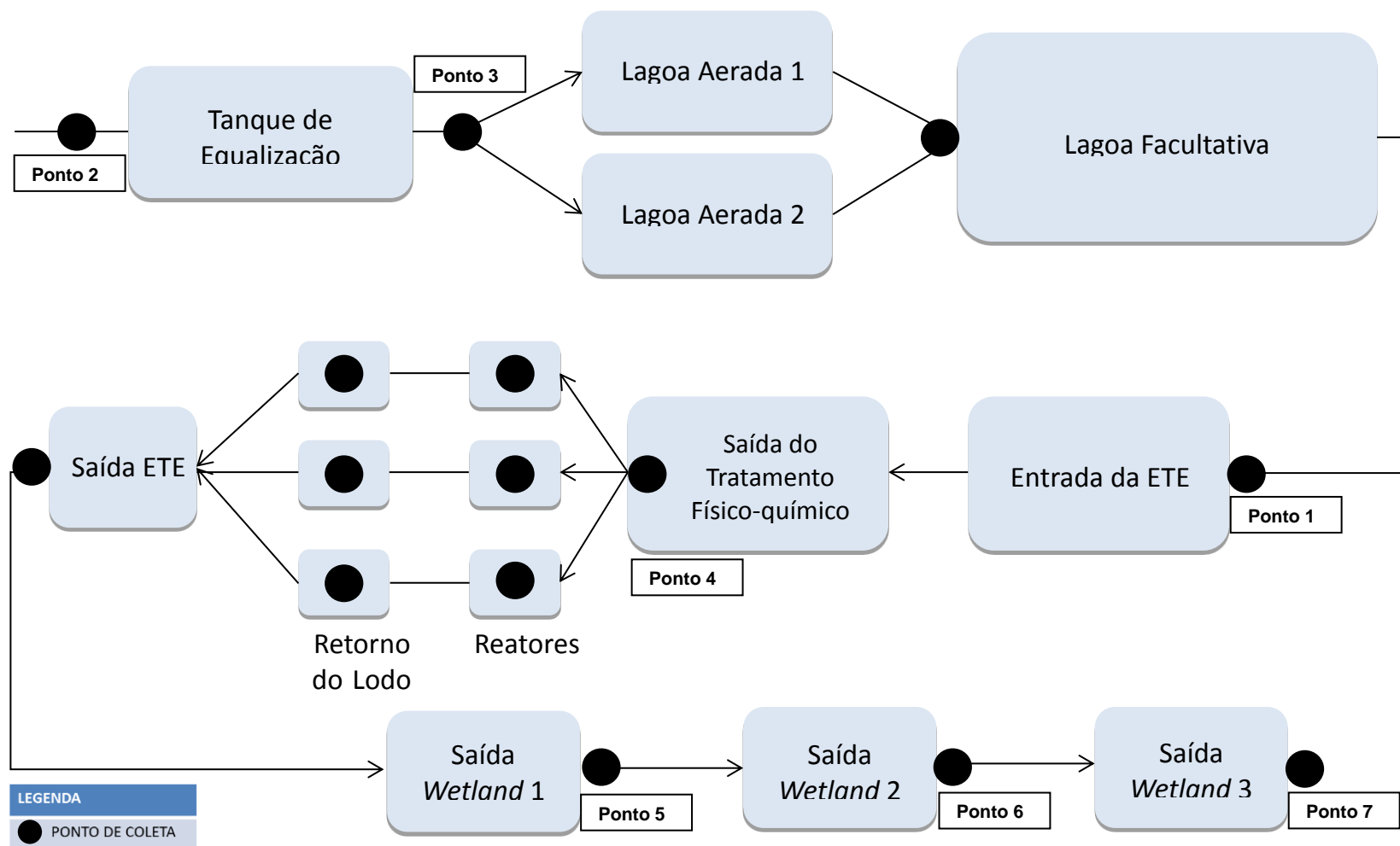
FIGURA 1 - VISTA DO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA APÓS A DESATIVAÇÃO, NA REGIÃO DE CURITIBA.



FONTE: O autor (2016).

A FIGURA 2 apresenta o fluxograma do tratamento de chorume do aterro sanitário da Caximba.

FIGURA 2 – ETAPAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CHORUME DO ATERRO SANITÁRIO DA CAXIMBA



FONTE: Adaptado de DZUMAN, 2016a.

A FIGURA 3 apresenta a vista aérea do aterro da Caximba, bem como a localização dos pontos de amostragem descritos no QUADRO 10.



FIGURA 3 – VISTA AÉREA DO ATERRO DA CAXIMBA E RESPECTIVOS PONTOS DE AMOSTRAGEM



FONTE: Adaptado de GOOGLE, 2016.

### 3.3 COLETA DAS AMOSTRAS

Cada campanha amostral referente ao estudo para análise das concentrações de metais dissolvidos consistiu na coleta de uma única amostra que foi dividida em três, uma amostra para análise de sólidos dissolvidos, uma amostra para filtração em campo (amostra 1) e uma amostra para filtração em laboratório (amostra 2) como mostra a FIGURA 4.

A amostra 1 foi filtrada em campo por meio do filtro tipo seringa contendo uma membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ , o material filtrado foi coletado em recipiente de polipropileno e preservado com  $\text{HNO}_3$  concentrado. A amostra 2 foi colhida em recipiente de polipropileno sem adição de preservantes e juntamente com a amostra 1 levada para laboratório.

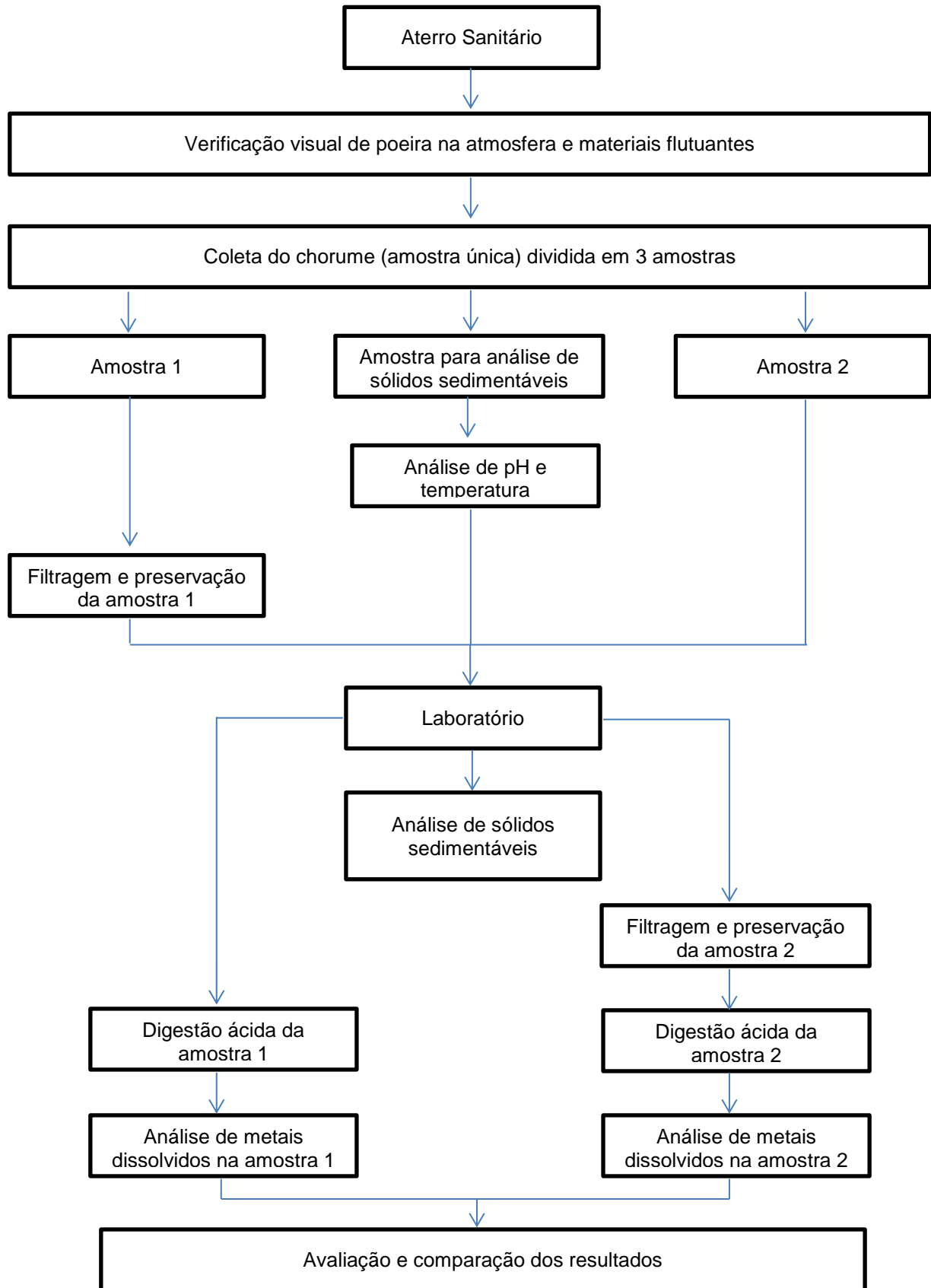
A não adição de preservantes na amostra 2 foi intencional e faz parte da metodologia do estudo, para que haja comparação entre os resultados das amostras preservadas e interferências em relação a possível reatividade dos compostos químicos.

No laboratório, em condição livre de interferentes de campo, a amostra 2 foi filtrada em bomba a vácuo com membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  e acidificada com ácido nítrico 1:1. Posteriormente as duas amostras foram submetidas à digestão ácida e à leitura pelo equipamento ICP/OES a fim de quantificar os metais dissolvidos e possibilitar a comparação dos resultados.

As amostras analisadas permaneceram retidas no laboratório pelo período de 20 dias úteis, período necessário para análise das amostras e avaliação dos resultados. Após este prazo as amostras foram descartadas e direcionadas a estação de tratamento de efluentes do laboratório para tratamento adequado.



FIGURA 4 - DIAGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA.



FONTE: o autor (2016)

### 3.4 ANÁLISE DOS INTERFERENTES

Segundo Inmetro (2011), a matriz da amostra pode conter componentes que interferem no desempenho da medição. Evitar a presença de possíveis interferências que não fazem parte da natureza da amostra, contribui para a qualidade dos resultados.

Para o estudo, de acordo com as condições ambientais do aterro sanitário, foram analisados interferentes de campo e das amostras. Os interferentes foram analisados em cada ponto de amostragem e de acordo com sua tipologia, analisados no próprio ambiente ou na amostra, conforme QUADRO 8.

QUADRO 8 – MÉTODOS DE ANÁLISE DOS INTERFERENTES

<b>Interferentes</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Método</b>
Poeira	Campo	Observação visual
Materiais flutuantes	Campo / Amostra	Método 2110 – Observação visual (APHA, 2012b)
Temperatura ambiente	Campo	Método analítico 2550 B (APHA, 2012d)
Temperatura da amostra	Amostra	Método analítico 2550 B (APHA, 2012d)
pH	Amostra	Método analítico 4500 H+B (APHA, 2012k)
Sólidos Sedimentáveis	Amostra	Método 2540 F (APHA, 2012c)

FONTE: o autor (2016)

### 3.5 ANÁLISE DE pH

Considera-se neste estudo que a determinação do pH é uma das mais comuns e importantes no contexto da química da água, pois no campo do abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, controle da corrosão, abrandamento e desinfecção. O padrão de potabilidade em vigor no Brasil, de acordo com a Portaria 2914 de 2011 (BRASIL, 2011a), preconiza uma faixa de pH entre 6,0 e 9,5 para os sistemas de distribuição. No âmbito do tratamento de água

residuais por processos químicos ou biológicos o pH deve ser mantido em faixas adequadas ao desenvolvimento das reações químicas ou bioquímicas do processo.

O pH apresenta relações fundamentais com acidez e alcalinidade. Neste estudo a determinação do pH foi feita pelo método potenciométrico, conforme o método 4500 H+B da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012k), por meio de um medidor de pH da marca DIGIMED, modelo DMPH-2, previamente calibrado com solução tampão de pH 4,0, pH 7,0 e pH 10,0.

O eletrodo de vidro combinado, utilizado no estudo para medições de pH, ilustrado na FIGURA 5, é um eletrodo compacto no qual o eletrodo de vidro é envolvido pelo eletrodo de referência de prata/cloreto de prata. Adequado para a maioria das aplicações de laboratório sendo mais fácil de manusear que o par de eletrodos separados. Possui sensor de temperatura integrado útil na compensação automática de leituras de temperatura de diferentes amostras.

FIGURA 5 - ELETRODO COMBINADO.



FONTE: O autor (2016).

A vantagem de utilização deste equipamento é sua simplicidade e baixo custo, pois o equipamento como visto na FIGURA 5 é constituído de eletrodo de vidro combinado e dispositivo para leitura do potencial (potenciômetro).

### 3.6 ANÁLISE DE TEMPERATURA

A análise de temperatura das amostras em campo ocorreu conforme o método 2550 B da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012d), por meio de termômetro de líquido em vidro, da marca INCOTERM, com escala interna de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ , divisão de  $1^{\circ}\text{C}$ .

A medição da temperatura ambiente foi realizada por meio de termômetro digital de máxima e mínima, modelo 7665.02.0.00, da marca INCOTERM, conforme o método 2550 B da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012d), e configurou a média do período de permanência em campo.

O controle da temperatura durante o transporte até o laboratório ocorreu com a introdução de gelo mineral em caixas de isopor, propiciando o isolamento térmico das amostras, conforme FIGURA 6.

FIGURA 6 - AMOSTRAS DE CHORUME REFRIGERADAS PARA TRANSPORTE



FONTE: O autor (2016).

Ao chegar ao laboratório as amostras foram direcionadas para filtrações e análises, conforme o diagrama da FIGURA 6. Nos períodos em que não estavam sendo manipuladas, foram mantidas em refrigeração por meio de câmaras frias a  $4^{\circ}\text{C}$ , conforme recomendações da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012d),.

### 3.7 FILTRAÇÃO EM CAMPO

Antes de cada filtração os filtros de campo foram lavados com água deionizada livre de interferentes conforme FIGURA 7, para retirada de possíveis impurezas e evitar contaminações cruzadas.

FIGURA 7 - LIMPEZA DO FILTRO COM ÁGUA DESTILADA



FONTE: O autor (2016).

A filtração das amostras em campo contemplou o uso de sistema de filtração em politetrafluoretileno (PTFE), com poro de 0,45  $\mu\text{m}$  e tubo de digestão descartável de polipropileno com 50 mL e tampa, conforme FIGURA 8.

FIGURA 8 - FILTRAÇÃO EM CAMPO.



FONTE: O autor (2016).

Após a filtração as amostras foram transferidas para frasco de polipropileno, conforme FIGURA 9, e acidificadas com  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) concentrado, até pH <2, para solubilização dos metais e evitar a presença de cor e odor, de acordo com o método 3030 B da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012g).

O método 3030 B (APHA, 2012g), recomenda a adição de 1,5 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado para cada 1 L de amostra, com o objetivo de manter uma preservação a curto prazo. Para o estudo, houve a proporção de 1 mL de  $\text{HNO}_3$  para o volume de 500 mL de amostra coletada, suficiente para pH <2.

FIGURA 9 - TRANSFERÊNCIA DA AMOSTRA FILTRADA PARA O FRASCO.



FONTE: O autor (2016).

Vale lembrar que as ações microbiológicas para degradação da matéria orgânica presente no chorume, podem interferir na temperatura das amostras, pois esta exerce influência no crescimento e nas atividades biológicas do tratamento (COSTA et al, 2003).

Após o tratamento em campo as amostras filtradas foram submetidas à refrigeração inferior a 4°C, por meio da utilização de caixa térmica e gelo mineral, durante todo o processo de transporte até o laboratório.

### 3.8 FILTRAÇÃO EM LABORATÓRIO

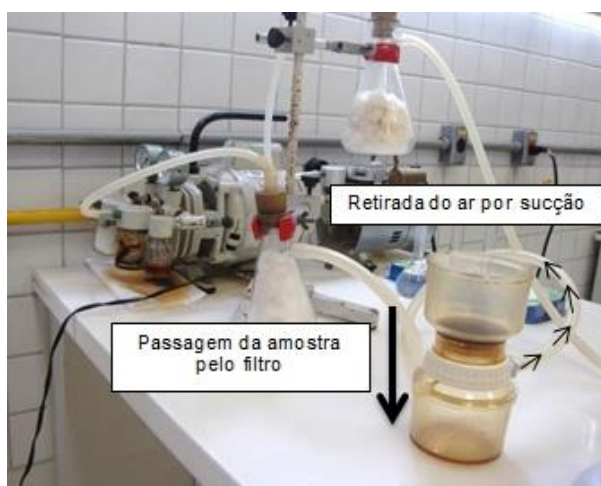
Após a entrega no laboratório, as amostras foram submetidas à filtração a vácuo, por meio de bomba com sistema de palhetas rotativas lubrificadas a óleo,

conforme recomendações do método 3010 B (APHA, 2012e) da 22ª edição do *Standard Methods*.

Vale lembrar que na filtração a vácuo é aplicado um vácuo (baixa pressão) dentro do recipiente que coletará a solução filtrada, o que faz com que haja uma sucção que acelera o processo. Esse tipo de filtração utiliza o papel de filtro na forma original de círculo dentro do funil de Buchner.

O funil de Buchner é acoplado ao kitassato por sistema de rosca que impede a entrada de ar dentro dele. Uma mangueira acoplada puxa o ar de dentro do kitassato, diminuindo, assim, a pressão interna. Desse modo, quando se passa a mistura por esse sistema, a diferença de pressão leva à sucção da parte líquida e deixa o sólido retido no papel de filtro, conforme FIGURA 10.

FIGURA 10 - PROCESSO DE FILTRAÇÃO A VÁCUO EM LABORATÓRIO.



FONTE: O autor (2016).

O filtro utilizado é composto de membrana de acetato de celulose<sup>1</sup>, com 47 mm de diâmetro e poro de 0,45  $\mu\text{m}$ , conforme ilustra a FIGURA 11, com a funcionalidade de barreira entre a fração dissolvida e particulada.

<sup>1</sup> Tanto a membrana de acetato de celulose quanto à de PTFE, são recomendadas para a retenção de partículas contendo metais e íons metálicos (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2009). A diferença entre ambos está na resistência do material, que se manteve inalterado durante a pesquisa por não estar exposto a materiais agressivos (solventes e ácidos fortes), capazes de alterar a qualidade do produto, uma vez que as amostras sofreram preservação química após a filtração.



FIGURA 11 - MEMBRANAS FILTRANTES DE USO EM LABORATÓRIO.



FONTE: O autor (2016).

### 3.9 ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS

A análise de sólidos sedimentáveis em águas é uma das exigências legais para lançamento de efluentes em corpos receptores, conforme determinações da resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011b).

A análise das amostras de chorume foi realizada pelo Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente e Química, de acordo com o estabelecido no método 2540 F, da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012c).

Basicamente, o ensaio consiste na decantação de material sólido sedimentável presente na amostra em um equipamento especialmente projetado (cone Imhoff ou cone de sedimentação) com capacidade de 1 L, e que possui uma escala graduada em mL que permite leitura do volume sedimentado.

Na determinação de sólidos sedimentáveis, o resultado é a razão entre o volume de sólido sedimentado da amostra em questão pelo volume da amostra, ou seja, para um cone de sedimentação de 1000 mL, o resultado final será expresso em “mL/1000 mL” ou “mL/L”.

### 3.10 DIGESTÃO ÁCIDA

A digestão ácida tem por objetivo eliminar a matéria orgânica da amostra, contribuindo para a determinação de metais em solução. Para isto é necessário o uso de agentes oxidantes como o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e ácidos minerais,



como ácido clorídrico (HCl), ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), ácido fluorídrico (HF) e ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (AMORIM et al, 2007; APHA, 2012h).

Em concordância com a narrativa de Amorim et al. (2007), o Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente e Química, realizou a digestão ácida das amostras antes das leituras pelo equipamento ICP/OES, com o objetivo de eliminar a matéria orgânica presente no chorume conforme o método 3030 H da 22<sup>a</sup> edição do *Standard Methods* (APHA, 2012i), usado para amostras com altas concentrações de matérias orgânicas e difícil oxidação.

As amostras de chorume foram digeridas entre 80 e 110 °C, colocando-se 1 mL de cada amostra e 5 mL de HNO<sub>3</sub> (65% v/v – *Suprapur, E. Merck, Darmstad, Alemanha*) em tubos de vidro *Kjeldahl*. Após completa digestão, o conteúdo foi transferido para um frasco volumétrico de 25 mL e teve completado o volume; uma vez esfriado, foi filtrado, utilizando-se papel de filtro *Whatman 40*.

### 3.11 QUANTIFICAÇÃO DE ALUMÍNIO, CROMO, BORO, FERRO, BÁRIO, MANGANÊS, NÍQUEL E ZINCO NO CHORUME POR ICP/OES

As características do chorume podem ser divididas em três grandes grupos. O primeiro deles abrange os parâmetros físico-químicos, ou parâmetros que constituem a parte orgânica dos lixiviados. Já o segundo grupo representa a parte inorgânica (cátions, ânions e metais). E, por último, os grupos biológicos, compostos por microrganismos de diferentes filos.

Desta maneira, a seleção dos parâmetros como fonte de estudo esbarra no objetivo do trabalho científico, isto é, os parâmetros a serem usados em uma determinada pesquisa são previamente determinados em função dos estudos a serem realizados, ou os mesmos parâmetros constam de listas de monitoramento especificadas em legislações ambientais vigentes.

Considera-se neste estudo os metais e semi-metais, parâmetros importantes na avaliação da qualidade das águas e lançamento de chorume tratado em corpos d'água, e como parte da viabilização econômica das comparações entre as filtrações em campo e laboratório.

Para que haja confiabilidade nos resultados, é imprescindível que a técnica de amostragem utilizada na coleta seja aplicada corretamente (ABNT, 1987). O incorreto manuseamento das amostras pode ser capaz de provocar aumento de

turbidez, exposição a superfícies sorptivas (capazes de adsorver contaminantes dissolvidos), causando diluição, oxidação e outras mudanças na especiação do metal (APHA, 2012d).

Neste estudo as medidas dos metais dissolvidos foram realizadas por meio do método 3125 (APHA, 2012j), que quantifica os metais pela técnica de *Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry* (ICP/OES), em português, Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente, o método foi escolhido por oferecer vantagens quando comparado com a emissão por chama.

Uma das vantagens é a baixa interferência química, que é uma consequência direta de suas altas temperaturas. Outra é a qualidade dos espectros de emissão para a maioria dos elementos em um único conjunto de condições de excitação, permitindo a análise multielementar.

A validação dos metais foi realizada de acordo com o documento do Inmetro DOQ-CGCRE 008 (INMETRO, 2011). Na metodologia adotada foram realizados o limite de detecção, limite de quantificação e exatidão sob as condições de recuperação e tendência e a precisão sob as condições de repetibilidade e precisão intermediária, utilizando dois operadores.

### 3.12 LIMITE DE DETECÇÃO E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO

Seguindo as normas do documento CGCRE 008 do Inmetro (INMETRO, 2011) o Limite de Detecção (LD) e o Limite de Quantificação (LQ) dos metais foram calculados de acordo com as formulas (1) e (2) respectivamente:

$$LD = \bar{x} + t_{(n-1,1-\alpha)} \cdot S \quad (1)$$

Onde:

$\bar{x}$  = média dos valores dos brancos da amostra;

$t$  = é a distribuição de Student, dependente do tamanho da amostra e do grau de confiança;

$s$  = desvio-padrão amostral dos brancos da amostra, com adição.

$$LQ = \bar{x} + 10 \cdot S \quad (2)$$

Onde:

$\bar{x}$  = média dos valores dos brancos da amostra;

$s$  = desvio-padrão amostral dos brancos da amostra.

As faixas de trabalho recomendadas para análise dos metais dissolvidos e o limite de quantificação com nível aceitável de precisão e exatidão pelo equipamento ICP/OES, foi determinado por estudos internos do laboratório de espectrometria por meio de testes analíticos e de validação, conforme apresentado no QUADRO 9, de acordo com as especificações do equipamento.

QUADRO 9 - FAIXAS DE TRABALHO DO ICP/OES.

Elemento	$\lambda$ (nm) Sugerido	$\lambda$ (nm) Alternativo	Faixas de Trabalho (mg/L)	Limite de Detecção (mg/L)	Limite de Quantificação (mg/L)
Ferro	238,20	234,35 ou 259,94	0,1 a 1,0 1,0 a 10	0,0014	0,10
Zinco	213,857	206,20	0,05 a 1,0	0,0011	0,05
Manganês	257,610	294,921	0,05 a 1,0 1,0 a 10	0,0020	0,10
Cromo	267,72	283,563	0,01 a 1,0	0,0020	0,01
Boro	249,772	249,68	0,1 a 1,0	0,0020	0,01
Alumínio	308,22	394,401	0,05 a 1,0 1,0 a 10	0,0014	0,05
Bário	455,403	493,41	0,1 a 1,0	0,0020	0,10
Níquel	230,299	221,648 ou 216,555	0,01 a 1,0	0,0012	0,01

FONTE: IST, 2015

Os limites de quantificação definidos para as análises de metais dissolvidos no chorume foram essenciais para o estabelecimento da capacidade analítica do equipamento na determinação qualitativa e quantitativa dos elementos em sua composição. O estudo para definição dos limites exigiu a condução de ensaios

experimentais, em níveis de concentrações capazes de atingir a sensibilidade a que o método se propõe.

As soluções de calibração foram preparadas utilizando padrões com concentrações de 1000 mg L<sup>-1</sup>. Os padrões monoelementares permitiram o preparo da curva de calibração para (Al, B, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni, e Zn). As soluções de calibração receberam 100 µL de HNO<sub>3</sub>, a fim de evitar a precipitação, uma vez que a matriz da curva é aquosa. Para a validação da curva de calibração o critério de aceitação do padrão foi de ±10% do valor verdadeiro, e foram atendidas durante todas as análises.

Santos (2003) relata que os analitos presentes nas amostras, devem estar acima do limite de quantificação do método para que sejam quantificados, possibilitando a comparação entre os resultados. A aplicação dos testes nos resultados do presente estudo ocorreu somente em metais com concentração acima do limite de quantificação definido pelo laboratório.

### 3.13 DISPERSÃO DO MÉTODO

Para determinação da dispersão do método foi realizado o teste de Grubb's, indicado para ensaios químicos, que tem por objetivo avaliar se o conjunto das medidas dos grupos está com uma dispersão de 95,45% de confiança em torno da média, descartando valores aberrantes. Foi obtido o Z calculado e comparado com o Z Crítico (1,94) para n = 7 replicatas (INMETRO, 2011).

A seguinte fórmula estatística (1) para obtenção do Z foi aplicada:

$$Z = \frac{|\bar{x}_i - \bar{x}|}{s} \quad (1)$$

Onde:

$\bar{x}_i$  = é uma observação da amostra,  $\bar{x}_1, \bar{x}_2 \dots \bar{x}_n$ ,

$\bar{x}$  = é a média amostral,

S = desvio padrão amostral.

### 3.14 PRECISÃO DO MÉTODO

O estudo de repetibilidade compreendeu 7 replicatas independentes e fortificadas em 3 níveis diferentes, em curto espaço de tempo e nas mesmas condições (IST, 2015).

O estudo da precisão intermediária, recuperação/tendência e erro relativo, compreendeu 3 amostras fortificadas em 3 níveis diferentes, com 7 replicatas independentes, variando espaço de tempo e operadores. Na sequência foram calculados os coeficientes de variação (CV) ou DPR, o erro relativo e a recuperação de cada metal.

O coeficiente de variação foi obtido por meio da expressão (1):

$$CV = DPR = \frac{DP}{CMD} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

$DP$  = desvio padrão;

$CMD$  = concentração média determinada;

A recuperação foi calculada por meio da expressão (2):

$$Recuperação \% = \left( \frac{C_1 - C_2}{C_3} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

$C_1$  = concentração do analito na amostra fortificada;

$C_2$  = concentração do analito na amostra não fortificada,

$C_3$  = concentração do analito adicionada à amostra fortificada.

O erro relativo (ER), em porcentagem, foi obtido por meio da expressão (3):

$$ER = \frac{X_{lab} - X_v}{X_v} \cdot 100 \quad (3)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DETERMINAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

A determinação dos pontos amostrais compreendeu a análise do processo de tratamento do chorume no aterro sanitário da Cachimba, porém somente em alguns pontos os metais dissolvidos foram detectáveis dentro do limite de quantificação do equipamento. O QUADRO 10, apresenta os pontos escolhidos e a característica desempenhada no tratamento do chorume.

QUADRO 10 - IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS.

PONTO	DENOMINAÇÃO	CARACTERÍSTICA
1	Entrada da estação de tratamento de efluentes (ETE)	As células de tratamento do aterro geram o chorume oriundo da decomposição dos resíduos. A entrada da ETE configura o recebimento central do percolado que então é encaminhado ao tanque de equalização.
2	Entrada do tanque de equalização	Antes do tratamento físico-químico o chorume passa pelo sistema de equalização, mantendo a vazão e a carga orgânica constantes ao longo do dia, com o objetivo de obter uma mistura homogênea e facilitar o processo de neutralização e precipitação dos metais.
3	Saída do tanque de equalização	Após a etapa preliminar de equalização, o chorume homogeneizado é destinado ao tratamento físico químico, responsável pela redução das principais cargas poluidoras.
4	Saída do tratamento físico químico	A alta carga de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) são reduzidas por meio do tratamento físico químico, nesta etapa do processo ocorre a desestabilização da matéria coloidal que o transforma em composto biodegradável.
5	Saída da <i>wetland</i> 1	Os sistemas de <i>Wetlands</i> recebem o chorume tratado, e promovem uma melhoria na remoção de DBO <sub>5</sub> , DQO, sólidos, nutrientes, metais e organismos que não são totalmente assimilados no tratamento convencional. São povoados por macrófitas aquáticas que atuam na captação de matéria orgânica, retenção de sólidos, nitrificação e desnitrificação dos compostos tratados.
6	Saída da <i>wetland</i> 2	
7	Saída da <i>wetland</i> 3	

FONTE: O autor (2016).

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE CHORUME

A análise visual e analítica dos interferentes durante a coleta de chorume foi realizada para garantir a confiabilidade dos resultados que poderiam ser comprometidos pela contaminação cruzada das substâncias presentes no ambiente ou pelos equipamentos utilizados na coleta, filtração e análise das amostras.

De acordo com Novotny (1995 apud LEITE, 2002) as mudanças no pH, temperatura, oxidação e outras alterações na composição química de metais podem provocar sua precipitação e alterar a característica natural das amostras contendo metais dissolvidos.

O QUADRO 11 apresenta os resultados referentes as análises de sólido sedimentáveis, pH, temperatura ambiente, temperatura das amostras, material flutuante no chorume e poeira no ambiente nos períodos de coleta do chorume do aterro sanitário da Caximba.

QUADRO 11 – ANÁLISE COMPLEMENTAR DOS ELEMENTOS PRESENTES NO AMBIENTE E AMOSTRAS DE CHORUME

Mês	Ponto	Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	pH	Temperatura (°C)		Material Flutuante no chorume	Poeira no ar ambiente
				Amostra	Ambiente		
Agosto 2015	1	0,5	8,22	26	21	Ausente	
	2	0,2	8,20	27	21		
	3	0,5	8,65	22	18		
	4	0,2	8,69	23	18		
	5	<0,1	8,42	19,6	18		
	6	0,1	8,01	20,5	18		
	7	<0,1	7,72	17,6	18		
Setembro 2015	1	0,2	8,60	31	31	Ausente	
	2	<0,1	8,54	31,3	31		
	3	<0,1	8,82	27,9	31		
	4	0,1	8,85	29,3	31		
	5	<0,1	8,24	29,4	31		
	6	<0,1	7,81	26,8	31		
	7	<0,1	7,19	19,6	31		

Continua

Continuação

Mês	Ponto	Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	pH	Temperatura (°C)		Material Flutuante	Poeira
				Amostra	Ambiente		
Outubro 2015				28,2	30	Ausente	
	2	<0,1	8,30	31,9	30		
	3	<0,1	8,73	27,5	30		
	4	0,4	8,72	27,7	30		
	5	<0,1	8,28	22,6	29		
	6	<0,1	7,78	27,6	30		
	7	<0,1	7,42	24,3	29		
Novembro 2015	1	0,4	7,88	22,3	18	Ausente	
	2	<0,1	7,78	28,3	18		
	3	<0,1	8,08	22,6	18		
	4	<0,1	8,04	22,8	18		
	5	<0,1	7,92	22,1	18		
	6	<0,1	7,70	22,6	17,8		
	7	<0,1	7,17	21	17,9		
Dezembro 2015	1	0,2	7,94	20,2	22	Ausente	
	2	0,4	7,99	23,3	22		
	3	0,1	8,30	21	23		
	4	0,1	8,35	25,3	23		
	5	<0,1	7,64	26,7	23		
	6	<0,1	7,69	25,6	23		
	7	<0,1	7,29	22,6	23		
Fevereiro 2016	1	<0,1	8,20	27,4	21	Ausente	
	2	<0,1	8,12	30,4	21		
	3	0,1	8,90	25,5	21		
	4	0,1	8,22	24,9	21		
	5	<0,1	8,41	24,3	19		
	6	<0,1	8,06	25,8	19		
	7	<0,1	7,45	24,6	19		
Março 2016	1	0,1	8,93	24,6	22	Ausente	
	2	<0,1	8,33	26,3	22		
	3	<0,1	8,91	23,6	21		
	4	0,1	8,86	23,3	21		
	5	0,1	8,42	32,1	24		
	6	<0,1	8,10	26,4	24		
	7	<0,1	7,38	24	24		

Continua



Continuação

Mês	Ponto	Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	pH	Temperatura (°C)		Material Flutuante	Poeira
				Amostra	Ambiente		
Abril 2016	1	<0,1	8,48	20,8	20	Ausente	
	2	<0,1	8,49	26,1	20		
	3	0,1	9,11	19	19		
	4	0,1	9,19	19	19		
	5	<0,1	8,68	23,1	19		
	6	<0,1	8,32	23,4	19		
	7	<0,1	8,09	20,7	19		
<b>Média por ponto de amostragem</b>		----	<b>8,2</b>	<b>24,7</b>	<b>23</b>	----	

FONTE: o autor (2016)

A análise visual dos materiais flutuantes nas amostras de chorume foi realizada durante todas as coletas, conforme QUADRO 11, com objetivo de identificar possíveis substâncias que pudessem alterar a qualidade das análises ou comprometer os sistemas de filtração.

Segundo Lins (2010), os esgotos sanitários, bem como o chorume, possuem grande quantidade de óleos, graxas e outros materiais flutuantes, cuja remoção é realizada para evitar obstruções dos coletores, aderência nas peças especiais, acúmulo nas unidades de tratamento e aspectos desagradáveis no corpo receptor.

No caso do chorume, boa parte do lixiviado possui característica livre de materiais em suspensão, uma vez que o líquido é formado pela degradação da matéria orgânica. Porém, pode ocorrer a presença de substâncias no solo, como folhas, sedimentos, e partículas que são carregadas pela ação da chuva até os sistemas de drenagem do chorume. Neste caso, aplica-se a remoção dessas substâncias por meio de tratamento preliminar composto por gradeamento e/ou desarenador.

Segundo Sperling (2005), a remoção dos resíduos sólidos, por meio do gradeamento é efetuada na primeira unidade da estação de tratamento, para que estes materiais não causem danos às bombas, válvulas e outros equipamentos, além de evitar obstruções e passagem de sólidos grosseiros para o corpo receptor.

Na fase final de tratamento o chorume do aterro da Caximba, passa para as lagoas *wetlands* que possuem macrófitas capazes de ajudar na remoção dos sólidos suspensos e flutuantes remanescentes dos tratamentos iniciais. Notare (1992)

comenta que as macrófitas possuem raízes que formam uma densa rede capaz de reter até as mais finas partículas em suspensão, além de absorverem substâncias tóxicas provenientes do despejo industrial e doméstico.

As condições e padrões de lançamento de efluentes, determinadas pela Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011b) e a portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), exigem a ausência de materiais flutuantes e sólidos grosseiros no efluente tratado, com a finalidade de impossibilitar o carreamento destes para o corpo receptor.

Conforme resultados apresentados no QUADRO 11, houve ausências de materiais flutuantes em todas as campanhas amostrais, o que evidencia boa eficiência no tratamento do chorume em relação a retenção de partículas grosseiras visíveis a olho nu.

O chorume tratado utilizado neste estudo atende aos limites de lançamento da resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011b) e a portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), para materiais flutuantes, e possibilita a retenção de sólidos grosseiros para o corpo receptor, que sejam capazes de alterar as condições naturais do meio.

A preocupação com o manuseio das amostras e a possibilidade de contaminação por meio de agentes externos como poeiras, possibilitou a análise visual de partículas no ar durante as campanhas de amostragens.

Segundo Morawska e Salthammer (2004), partículas superiores a 30 µm tendem a se depositar como poeira assentada, e são relevantes para o estudo por serem passíveis de identificação visual. Partículas inferiores seriam contabilizadas apenas com metodologia específica, pois configuram as que permanecem em suspensão no ar, e não causam deposições significativas em materiais e amostras. A determinação de poeiras no ar ocorreu de forma predominantemente qualitativa.

A deposição de poeiras superiores a 30 µm nas dependências do aterro poderia levar à contaminação não só das amostras, mas também dos materiais utilizados para a coleta, bem como os sistemas de filtração. Cuidados com a amostra mediante a exposição dos frascos e o uso de luvas nitrílicas de procedimento foram tomados para que os riscos fossem reduzidos.

Em relação aos limites legais, no Brasil, a Resolução CONAMA 03/90 (BRASIL, 1990) estabelece que apenas a concentração total de partículas em suspensão seja adotada como limite para os padrões de qualidade do ar, sendo esta

de 240  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  para padrões primários e 150  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  para padrões secundários. Porém, a Resolução não prevê o monitoramento de espécies químicas tóxicas a elas associadas, como a concentração mínima de substâncias inorgânicas, tais como partículas metálicas.

Essa condição leva a crer que nos casos em que há a presença de poeiras, corre-se o risco da deposição de partículas metálicas adsorvidas em sua composição, uma vez que o estudo realizado por Scapin (2009) determinou que as substâncias inorgânicas chumbo, cromo, níquel, zinco e cobre são os mais estudados por apresentar correlação frente à exposição e que possivelmente causam danos a saúde por intoxicação.

Durante o estudo, foi avaliada a condição ambiental referente às partículas presentes no ar, mediante a constatação de que o solo da região onde foram efetuadas as amostragens não possui impermeabilização por meio de vias pavimentadas. Vale lembrar que desde a desativação do aterro as atividades de movimentação de veículos foram cessadas e não são mais constantes.

As avaliações ocorreram tanto nas amostragens quanto nas filtrações das amostras de chorume, mediante a avaliação da presença dessa substância no ar, com objetivo de identificar possíveis deposições de partículas nos materiais utilizados durante as atividades de campo.

A limpeza dos filtros com água deionizada antes das filtrações também foi realizada como medida de segurança para que houvesse menos risco de contaminação por poeira depositada, devido ao armazenamento e transporte dos mesmos.

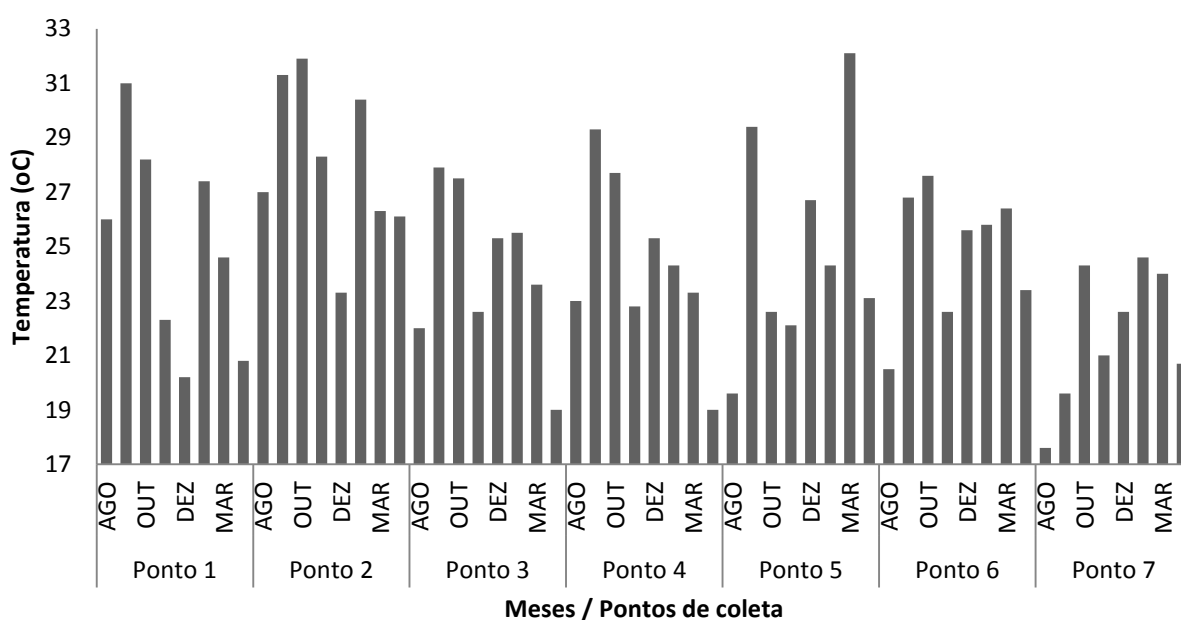
Verifica-se no QUADRO 11 que o resultado para poeiras manteve-se ausente em todas as campanhas de amostragem. Essa característica reduziu a possibilidade de contaminação cruzada durante a coleta das amostras, bem como dos materiais utilizados, como frascos, baldes e filtros.

As medidas apresentadas são importantes, pois é preciso ficar claro para o analista o que de fato faz parte da amostra a ser analisada, por isso poeiras e materiais flutuantes devem ser evitados, desde a amostragem até a realização da análise, incluindo a estocagem ou preparo da amostra.

A análise de temperatura das amostras de chorume, assim como a temperatura ambiente, foi realizada em cada ponto de amostragem durante o período de amostragem, conforme QUADRO 11.

A temperatura manteve-se com valores médios entre 20 e 35°C, conforme GRÁFICO 1, configurando valores satisfatórios em relação aos limites legais, e possivelmente evitando alteração nas características das amostras e dos elementos analisados. Pois, em relação ao lançamento de efluentes e chorume tratado em corpos receptores, os valores de temperatura devem obedecer ao limite de 40°C, para não comprometer a qualidade da água e o crescimento e reprodução dos organismos aquáticos, conforme determinam a Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011b) e portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014).

GRÁFICO 1 - ANÁLISE DE TEMPERATURA NAS AMOSTRAS DE CHORUME



FONTE: O autor (2016).

A temperatura ambiente foi medida próximo ao local da coleta das amostras de chorume e em cada ponto de amostragem, com o objetivo de obter uma média do período em que as coletas foram realizadas, conforme QUADRO 12.

As temperaturas obtidas durante os períodos de amostragem, agosto de 2015 a abril de 2016, obtiveram um valor médio de 23°C. O IBAMA na Resolução CONAMA 03/90 (BRASIL, 1990), define a temperatura de 25°C como referência padrão para experimentos, e que não traz maiores consequências durante as análises. Verifica-se que a média obtida mantém-se próxima a este valor, bem como

os valores individuais, configurando valores máximos de 31°C e 30°C em setembro e outubro/2015 e um valor mínimo de 17,8 °C em novembro/2015, ambos pontuais.

QUADRO 12 – VALOR MÉDIO DA TEMPERATURA AMBIENTE

PONTO	AGO 2015	SET 2015	OUT 2015	NOV 2015	DEZ 2015	FEV 2016	MAR 2016	ABR 2016
1	21	31	30	18	22	21	22	20
2	21	31	30	18	22	21	22	20
3	18	31	30	18	23	21	21	19
4	18	31	30	18	23	19	21	19
5	18	31	29	18	23	19	24	19
6	18	31	30	17,8	23	19	24	19
7	18	31	29	18	23	19	24	19

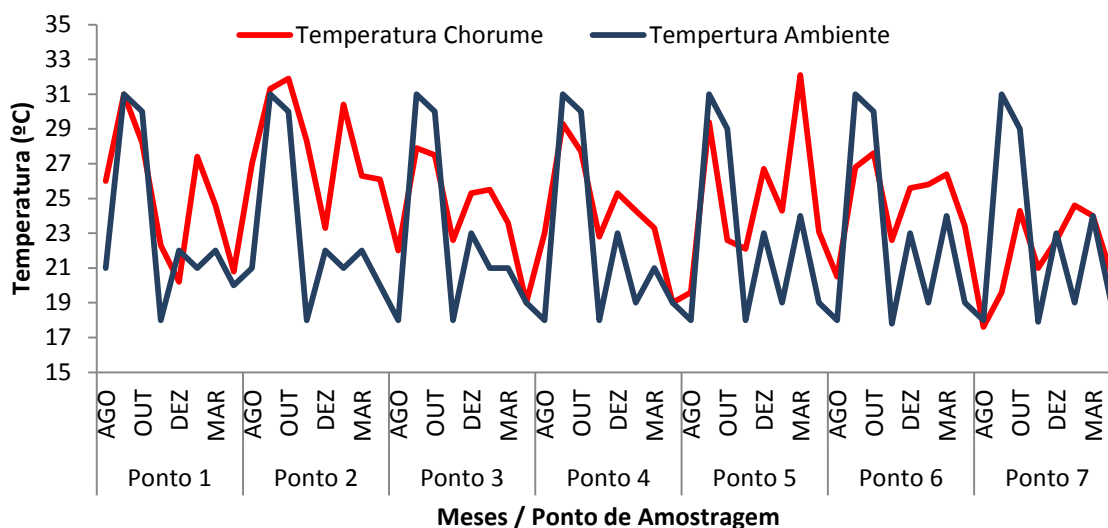
FONTE: o Autor (2016)

Os dados apresentados no QUADRO 12 mostram que os valores médios correspondem aos valores medidos em cada ponto de amostragem durante as coletas das amostras, com picos de temperatura elevada entre os meses de setembro e outubro de 2015.

Como foram pontuais, os picos não representaram mudanças bruscas capazes de influenciar na dinâmica de filtração das amostras ou dos resultados apresentados para os metais dissolvidos Al, Cr, B, Fe, Ba, Mn, Ni e Zn, tendo em vista a refrigeração das amostras após a coleta e pouca influência exercida no chorume.

O GRÁFICO 2, mostra a relação entre a temperatura ambiente e a temperatura do chorume nos pontos amostrados.

GRÁFICO 2 – CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA DO AMBIENTE E TEMPERATURA DO CHORUME



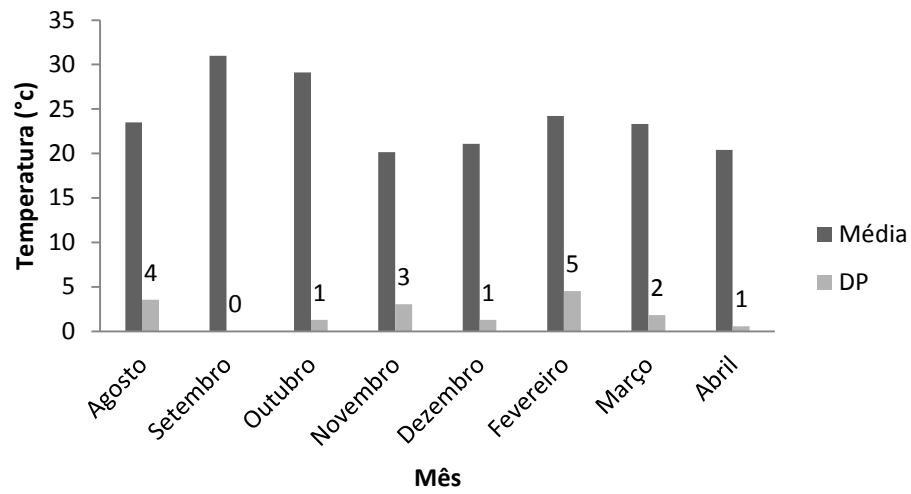
O GRÁFICO 2, possibilita a percepção de que, no aterro da Caximba, a temperatura das amostras de chorume ficou com valores próximos aos medidos no ar ambiente. O clima da região também pode influenciar nas atividades biológicas do tratamento, bem como na remoção de DQO, uma vez que, segundo Fiorucci e Benedetti Filho (2005), a degradação da matéria orgânica ocorre tanto por sistemas químicos como biológicos e a solubilidade do oxigênio em meios aquáticos, depende da temperatura e composição da água.

De acordo com Van Haandel e Lettinga (1994), a faixa de temperatura considerada ótima para a digestão anaeróbia é de 30 a 35 °C. Segundo Launtenschlager (2001), os sistemas de *wetlands* sofrem influência na remoção de nutrientes em função das seguintes alterações, a temperatura modifica valores de coeficientes de re-aeração, velocidades de reações físicas, biológicas e químicas, taxas de volatilização e evapotranspiração, já a radiação solar influi diretamente na taxa de crescimento da biomassa das plantas, devido à diminuição da fotossíntese.

O estudo realizado por Rodrigues (2004) demonstra que, para que a biomassa presente no chorume tenha uma boa eficiência de remoção de matéria orgânica e boa sedimentabilidade, a temperatura e pH devem ser estáveis, uma vez que variações constantes e a presença de substâncias tóxicas inibem o tratamento biológico do chorume.

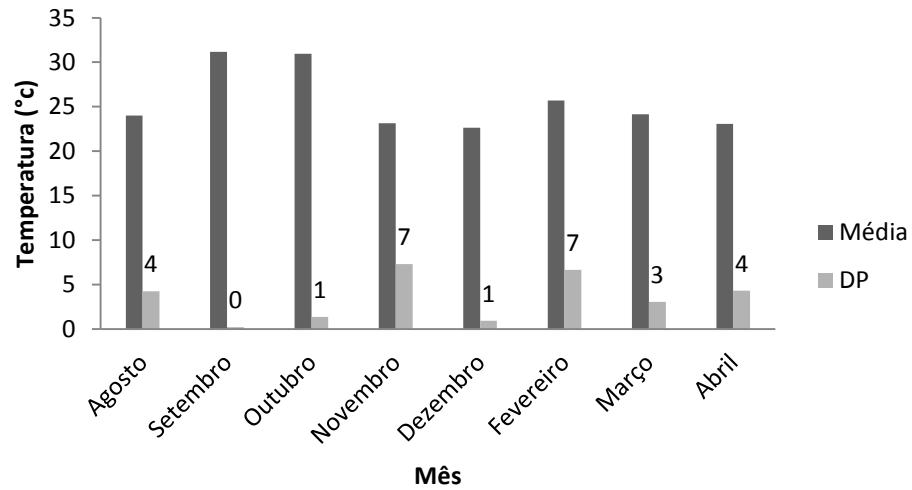
Os GRÁFICOS 3 a 9 evidenciam a média e desvio padrão entre as temperaturas ambiente e da amostra.

GRÁFICO 3 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 1



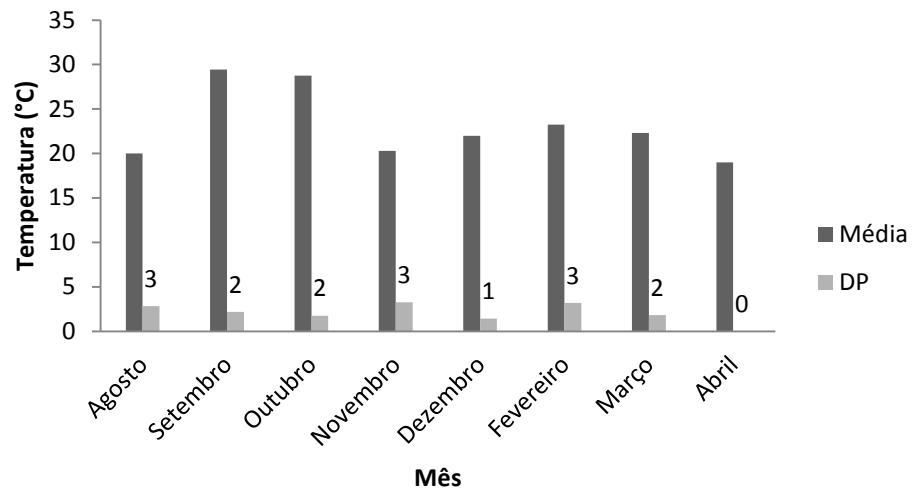
FONTE: O autor (2016).

GRÁFICO 4 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 2



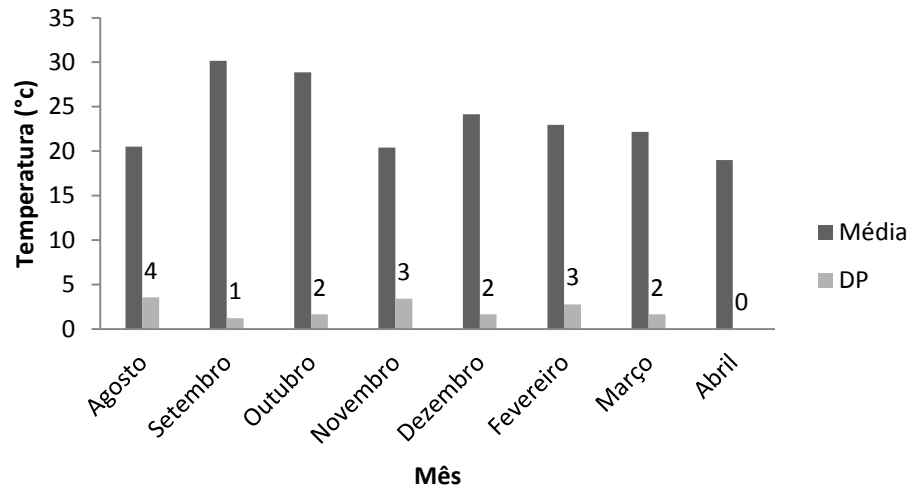
Fonte: o autor (2016).

GRÁFICO 5 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 3



Fonte: o autor (2016).

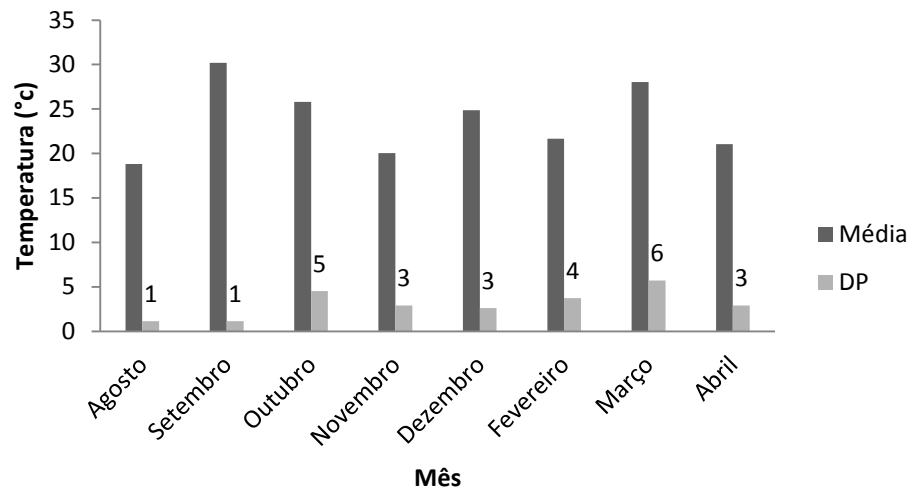
GRÁFICO 6 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 4



Fonte: o autor (2016).

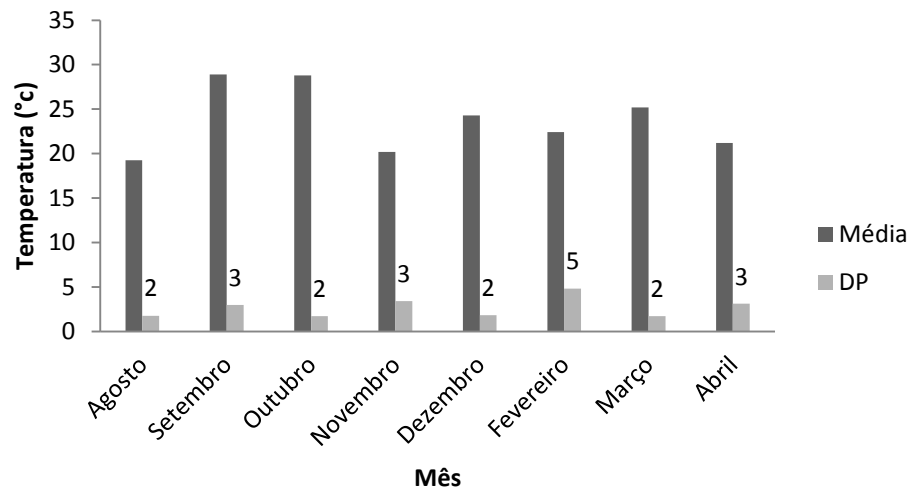


GRÁFICO 7 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 5



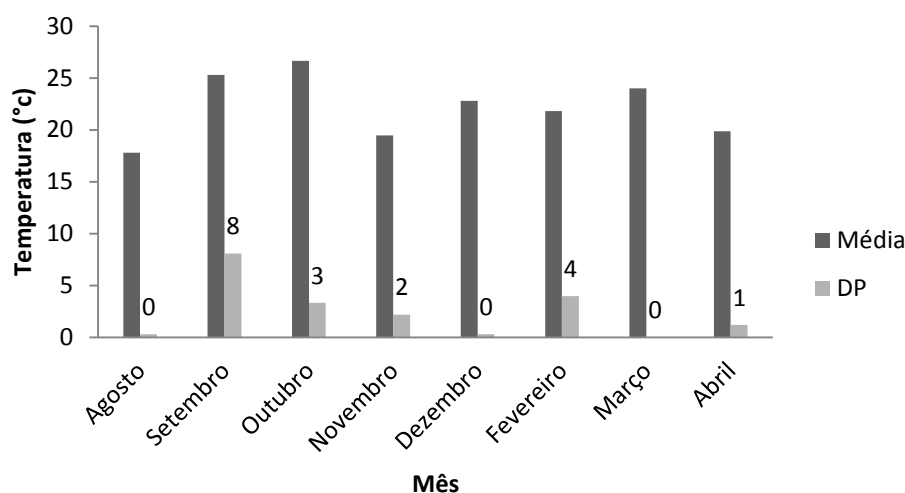
Fonte: o autor (2016).

GRÁFICO 8 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 6



FONTE: O autor (2016).

GRÁFICO 9 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO ENTRE AS TEMPERATURAS AMBIENTE E DAS AMOSTRAS NO PONTO 7



FONTE: O autor (2016).

Em análise a dispersão dos resultados pelo desvio padrão, verifica-se que em determinados pontos houve considerável variação de temperatura entre as medidas do ar ambiente e das amostras.

Nos pontos 1, 2, 3 e 4 os índices de maior variação foram as medidas de agosto, novembro e fevereiro, com cerca de 4°C de diferença entre a temperatura ambiente e chorume. Neste ponto a degradação da matéria orgânica configura maior dispersão da temperatura, e está relacionado aos processos de tratamento da massa orgânica.

Nos pontos 5 e 6 a variação entre as temperaturas em relação ao desvio padrão, manteve-se mais estável do que nos demais pontos, provavelmente pela presença de macrófitas aquáticas que equilibraram as temperaturas impedindo a passagem de luz. A diluição do chorume nas *wetlands* também pode ser um fator relevante, pois ao ser misturado com a água das lagoas reduz a presença de microorganismos, diminuindo a geração de calor proveniente do processo de degradação da matéria orgânica.

No ponto 7, nos meses de setembro, outubro e fevereiro o índice de variação foi mais elevado do que em outros meses. Neste ponto verifica-se maior diluição do chorume e maior quantidade de macrófitas, o que configura menor dispersão de calor e melhor isolamento térmico, impedindo as interações do meio com o ambiente externo.

Neste estudo as temperaturas das amostras de chorume variaram de forma coerente de acordo com as fases de tratamento o que provavelmente proporcionou eficiência na remoção da matéria orgânica do chorume.

Em estudos envolvendo metais no meio aquático, verifica-se que a temperatura pode determinar a remoção e/ou persistência dos mesmos. Segundo Carvalho (2000) fatores como o pH, temperatura do meio e oxigênio dissolvido (O.D.) influenciam a mobilidade e a potencialidade tóxica do cádmio, cromo, cobre, chumbo, zinco e mercúrio no meio aquático.

De acordo com Rodrigues (2007) ao persistir no sistema aquático, o metal tem sua concentração gradualmente aumentada, o que facilita sua maior concentração na água e absorção pelos organismos.

Como a temperatura influencia na biodisponibilidade dos metais e adsorção nos sedimentos, corre-se o risco de haver maior concentração de metais nos sólidos presentes no chorume quando a temperatura do meio é instável. Essa afirmação é reforçada por Chasin e Azevedo (2003), ao dizer que de modo geral contaminantes adsorvidos às partículas de sedimentos têm a mobilidade e disponibilidade reduzida, levando em consideração que a temperatura do meio determina a disponibilidade química do contaminante.

Este estudo compreendeu a análise dos metais após a filtração das amostras, portanto não houve a necessidade de análise dos metais nos sólidos das amostras, uma vez que os resultados eram suficientes para comparar as técnicas de filtração em campo e laboratório. A quantidade de metais encontrada demonstra que foi proporcional as fases de tratamento do chorume e manteve-se estável mesmo com as variações de temperatura.

#### 4.3 ANÁLISE DO pH NAS AMOSTRAS DE CHORUME

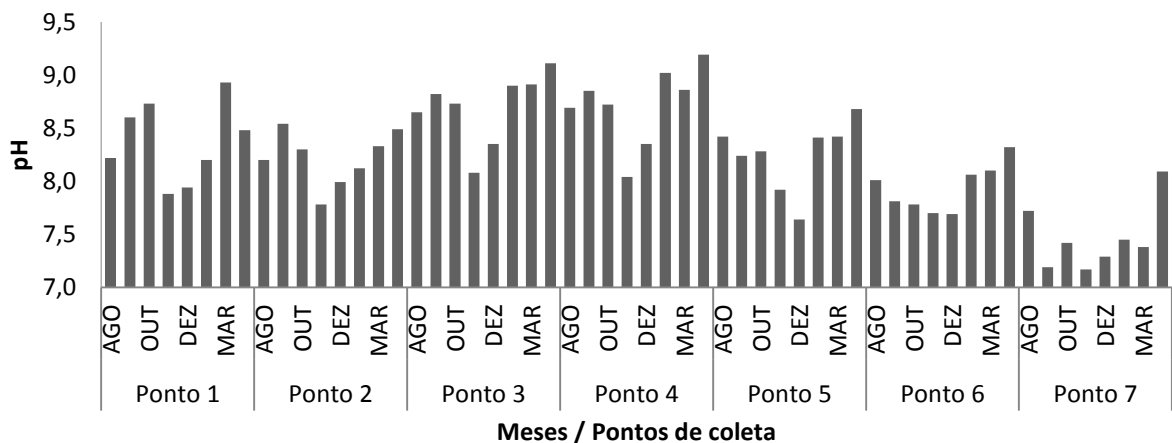
Segundo Brasil (2005), o pH afeta o metabolismo de várias espécies, e em geral deve estar entre 6 e 9 para proteção da biota aquática presentes em água doce. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como metais pesados. Para o estudo, foram feitas as medidas de pH em cada ponto de tratamento, afim de avaliar a interferências dos valores com a mobilidade dos metais.

Segundo Young (1993) resultados médios de pH com faixa de 7 a 9, considerados altos, mostram que há uma diminuição da solubilização dos complexos metálicos, e facilidade na coprecipitação dos metais em carbonatos ou sais.

Segundo Rigueti (2015) o pH básico característico do chorume favorece a precipitação e complexação de metais. Esse fato influencia na concentração dos metais no chorume e pode torná-la não representativa do montante que realmente há no aterro.

O GRÁFICO 10 apresenta a concentração de pH nas amostras de chorume deste estudo, no período de agosto a dezembro de 2015 e fevereiro a abril de 2016.

GRÁFICO 10 - ANÁLISE DO pH NAS AMOSTRAS DE CHORUME.



FONTE: O autor (2016).

Segundo os dados obtidos e representados no GRÁFICO 10, os valores podem ser considerados satisfatórios por estarem dentro da faixa aceitável descrita por Brasil (2005), configurando o descarte do composto em meio natural sem maiores consequências à biota.

A Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011b) e a portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), determinam que o chorume tratado deve atender ao limite de 5 a 9, para lançamento em corpos receptores. De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o chorume tratado do aterro da Caximba atendeu aos limites estabelecidos em todas as campanhas de amostragem.

Segundo Iwai (2005) e Brito et al. (2007), durante os processos de geração do chorume, há a formação de determinadas fases, dentre elas a estabilização

biológica, cuja característica de elevação do pH está relacionada com a redução de ácidos e baixa solubilização de compostos inorgânicos, o que caracteriza uma fase metanogênica e madura do chorume.

Essa característica reforça o conceito de que o pH medido nas amostras está relacionado a um chorume antigo, formado por resíduos depositados nas células em anos anteriores a desativação, ou seja, o chorume produzido provavelmente remete aos resíduos já existentes, que segundo Iwai (2005) e Brito et al. (2007), possui características onde vigoram condições anaeróbias. e baixa carga orgânica, reduzida biodegradabilidade e teores de amônia elevados.

Athayde Júnior et al. (2009) reforçam que em aterros na fase metanogênica (acima de 5 anos) o pH é alcalino, superior a 8,0. Nesta fase, a decomposição da matéria orgânica é intensa com formação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e sais, principalmente bicarbonatos e sulfetos.

O QUADRO 13 apresenta dados de pH em diferentes lixiviados de aterros sanitários em território nacional.

QUADRO 13 - VALORES MÉDIOS DE pH PARA DIFERENTES ATERROS

LOCALIDADES	IDADE DO ATERRO (ANOS)	VALOR MÉDIO DE pH
Niterói	12	8
Rio de Janeiro	24	8
Brasília	30	7,6
Porto Alegre	9	8,4
<b>Aterro da Caximba / Paraná</b>	<b>17</b>	<b>8,4</b>
<b>Aterro da Caximba / Paraná (Presente estudo)</b>	<b>27</b>	<b>8,2</b>

FONTE: Adaptado de RODRIGUES, 2004 e MORAIS et. al, 2006.

Os dados coletados mostram que os lixiviados gerados em algumas regiões do país com idades próximas, possuem valores médios equivalentes aos valores

obtidos no estudo do lixiviado do aterro sanitário da Caximba na região metropolitana de Curitiba.

Segundo Rodrigues (2004), em âmbito nacional, a utilização desses valores não pode ser generalizada para todo território brasileiro, uma vez que cada região está submetida a condições climáticas diferentes, bem como diferenças sociais, culturais e econômicas que levam a composições singulares de resíduos sólidos gerados que, conseqüentemente, influenciam as características dos lixiviados.

No estudo realizado por Morais et al. (2006) a caracterização das amostras coletadas das células mais antigas do aterro sanitário da Caximba, obtiveram um valor médio de 8,4 de pH, valor este próximo ao de 8,2 deste presente estudo.

#### 4.4 ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS NAS AMOSTRAS DE CHORUME

A determinação das diversas frações de sólidos presentes na água fornece informações importantes para a caracterização de águas naturais, esgotos sanitários, efluentes industriais e águas de abastecimento. Segundo CETESB (2009) em relação ao saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.

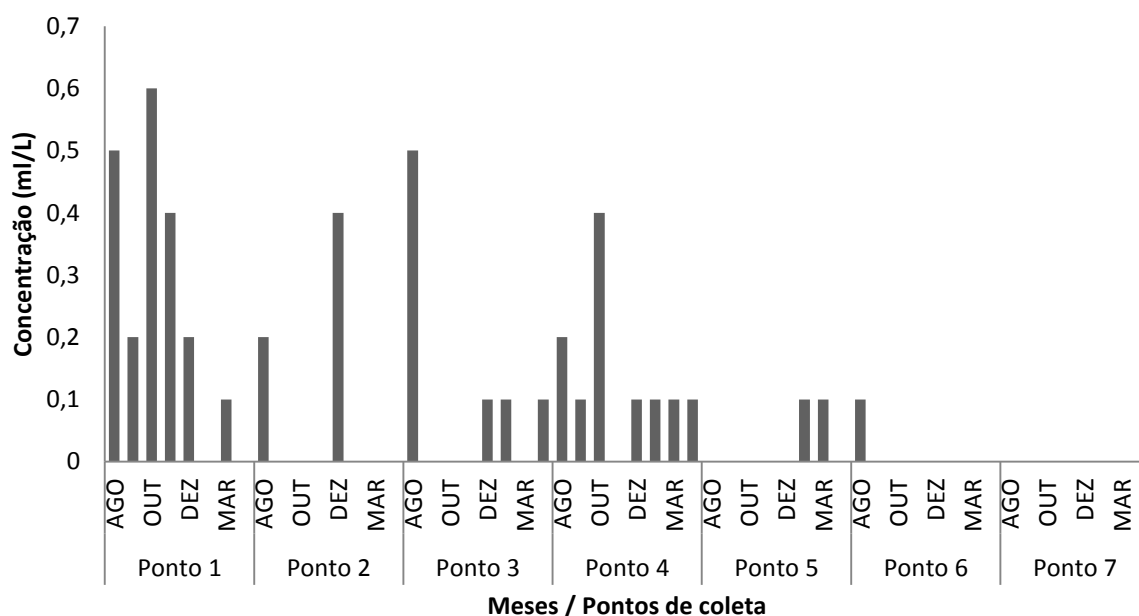
De acordo com Kashem et al. (2007), o movimento descendente dos metais no perfil do solo, em regiões tropicais, é governado normalmente pelo regime hídrico e pela capacidade de retenção do solo, além disso, Salvador-Blanes et al. (2006) afirmam que a própria posição do solo na paisagem poderá favorecer a distribuição vertical e horizontal dos poluentes no ambiente.

O aterro sanitário da Caximba em relação ao perfil do solo possui desníveis consideráveis, observados visualmente durante as amostragens, além de um sistema de drenagem por valas que conduz o lixiviado ao sistema de tratamento. Esse perfil pode contribuir para a lixiviação das águas oriundas de precipitação, bem como o aumento do volume de chorume a ser tratado, confirmando as narrativas de Kashem et al. (2007) e Salvador-Blanes et al. (2006).

O estudo para filtração das amostras de chorume compreendeu a análise de sólidos sedimentáveis como forma de identificar a quantidade de matéria em forma de resíduo sedimentável que poderia interferir na análise dos metais ou durante a filtração das amostras.

Os resultados de sólidos sedimentáveis apresentaram-se inconstantes e tiveram variações ao longo do tempo, em concentrações mais elevadas nos pontos de amostragem iniciais e baixas ou ausentes nos pontos de amostragem finais proporcionalmente as fases de tratamento do chorume, conforme apresentado no GRÁFICO 11.

GRÁFICO 11 - ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS NAS AMOSTRAS DE CHORUME



FONTE: O autor (2016).

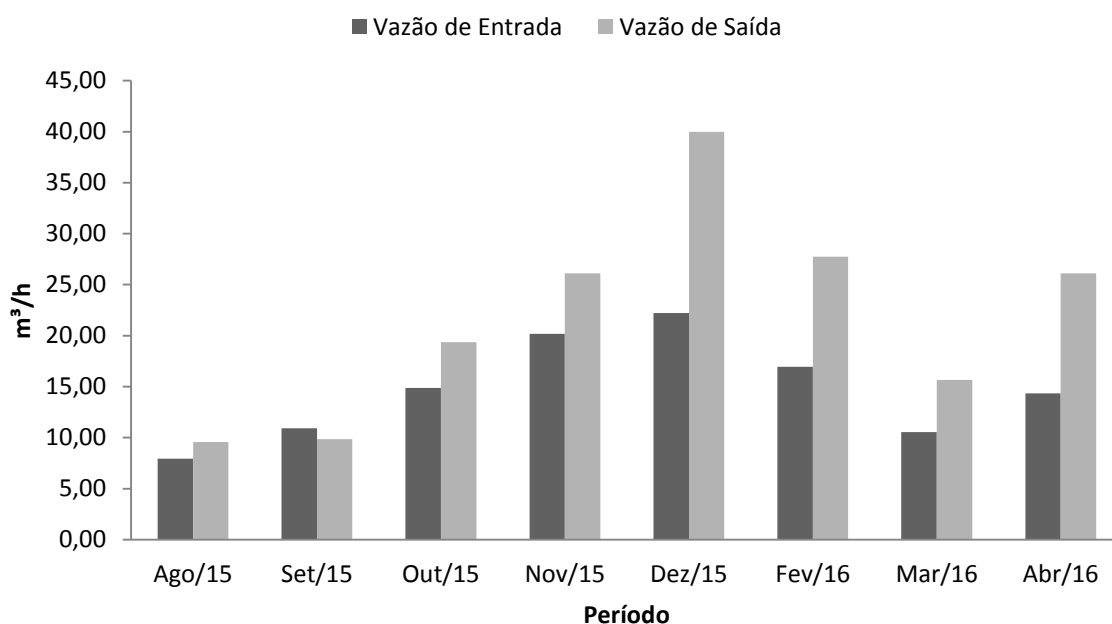
Os resultados não quantificados fazem parte dos ensaios que permaneceram abaixo de 0,1 mL/L, estabelecido como limite de quantificação referente ao método analítico (IST, 2015).

Em análise aos resultados do GRÁFICO 11, verifica-se que houve uma redução considerável de sólidos pós lançamento nas *wetlands* (pontos 5, 6 e 7), que possuem como forma de tratamento do chorume a fito remediação por macrófitas aquáticas.

Segundo Kurscheidt (2011), as espécies flutuantes de macrófitas aquáticas absorvem nutrientes da água e principalmente dos sólidos em suspensão, e apresentaram elevada absorção dos elementos Cd, Co, Mn, Fe, Cr e Pb. Em contrapartida espécies emersas que utilizam principalmente o solo como fontes de nutrientes são boas biocumuladoras para Cd, Mn, Fe com variações positivas.

A variação da concentração de sólidos sedimentáveis, durante o período estudado, sugere uma ligação entre os períodos de chuva nos meses de outubro a dezembro de 2015 e os meses de fevereiro e abril de 2016 (GRÁFICO 12), devido à percepção do aumento considerável de lixiviado, e a baixa degradabilidade dos sólidos pela ação microbiológica dos organismos presentes em sua composição, em períodos de excedente hídrico.

GRÁFICO 12 – VAZÃO DE ENTRADA E SÁIDA DO TRATAMENTO DE CHORUME



FONTE: Adaptado de DZUMAN, 2016b

Segundo Lins et al. (2005) e Rocha et al. (2005) o aumento do lixiviado pela ação da chuva traz como consequências, variação do tempo de detenção de sistemas que utilizam lagoas no tratamento de lixiviados, mudanças no valor de nutrientes, pH, temperatura e oxigênio dissolvido, dificuldades no desenvolvimento das bactérias endêmicas, entre outras consequências.

Em relação ao estudo, o excesso do lixiviado e de sólidos trouxe como consequência durante as filtrações em campo e laboratório, o uso de mais de um filtro devido à saturação pelos sólidos presentes nas amostras, o que dificultou a padronização da metodologia aplicada, levando em consideração que em relação às demais filtragens foi utilizado somente um filtro.



De acordo com a ABNT (1985), a quantidade de sólidos presentes nas amostras pode proporcionalmente influenciar a quantidade de metais dissolvidos no chorume (lixiviado), devido à relação da presença natural desses elementos no solo e a lixiviação causada por precipitação, uma vez que, na maioria dos aterros sanitários, o lixiviado sofre interferências de fontes externas, tais como: sistemas de drenagem superficial, precipitação atmosférica, evapotranspiração, existência de lençol freático e de nascentes, recirculação dos líquidos gerados, umidade, vegetação, dentre outras.

As concentrações de sólidos sedimentáveis obtidas no estudo atendem ao limite imposto pela Resolução 430/11 do CONAMA (BRASIL, 2011b) e a portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), para lançamento de efluente e chorume tratado direto em corpos hídricos receptores, sendo este de 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff.

Segundo CETESB (2009) o excesso de sólidos pode ser prejudicial aos leitos dos rios e a biota aquática quando em excesso. Verifica-se que pelos resultados obtidos no ponto 7 a eficiência na remoção dos sólidos do chorume configura menos risco de contaminação quando lançado em corpo hídrico.

#### 4.5 RESULTADOS DA ANÁLISE DE METAIS DISSOLVIDOS NAS AMOSTRAS DE CHORUME

A análise dos metais dissolvidos pelo equipamento ICP-OES, permitiu determinar as concentrações médias obtidas após a filtração em campo e em laboratório das amostras de chorume. Durante o ensaio houve a comparação direta entre a intensidade das amostras e o gráfico da calibração do equipamento ICP/OES, com emissão do resultado direto em concentração e expresso em mg/L.

Os APÊNDICES 1 a 8 apresentam a média dos resultados das análises de metais dissolvidos alumínio, cromo, boro, ferro, bário, manganês, níquel e zinco pelo equipamento ICP/OES, nas amostras filtradas e acidificadas em campo.

## 4.5.1 Alumínio

O QUADRO 14 apresenta a quantificação de alumínio nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

QUADRO 14 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DESVIO PADRÃO RELATIVO ENTRE OS RESULTADOS																																													
1	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 1: Concentration (mg/L)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,23</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,50</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,28</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,38</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,42</td><td>0,32</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,12</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,30</td><td>0,23</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,42</td><td>0,36</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,23	0,17	set/15	0,50	0,45	out/15	0,28	0,25	nov/15	0,38	0,29	dez/15	0,42	0,32	fev/16	0,12	0,16	mar/16	0,30	0,23	abr/16	0,42	0,36	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 1: Relative Standard Deviation (%)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>20</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>8</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>12</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>18</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>19</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>19</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>19</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>11</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR Calculado (%)	ago/15	20	set/15	8	out/15	12	nov/15	18	dez/15	19	fev/16	19	mar/16	19	abr/16	11
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																													
ago/15	0,23	0,17																																													
set/15	0,50	0,45																																													
out/15	0,28	0,25																																													
nov/15	0,38	0,29																																													
dez/15	0,42	0,32																																													
fev/16	0,12	0,16																																													
mar/16	0,30	0,23																																													
abr/16	0,42	0,36																																													
Mês	DPR Calculado (%)																																														
ago/15	20																																														
set/15	8																																														
out/15	12																																														
nov/15	18																																														
dez/15	19																																														
fev/16	19																																														
mar/16	19																																														
abr/16	11																																														
2	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 2: Concentration (mg/L)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,37</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,44</td><td>0,38</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,31</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,26</td><td>0,21</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,27</td><td>0,31</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,18</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,35</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,31</td><td>0,30</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,37	0,27	set/15	0,44	0,38	out/15	0,31	0,28	nov/15	0,26	0,21	dez/15	0,27	0,31	fev/16	0,18	0,15	mar/16	0,35	0,28	abr/16	0,31	0,30	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 2: Relative Standard Deviation (%)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>20</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>12</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>10</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>16</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>8</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>15</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>16</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR Calculado (%)	ago/15	20	set/15	12	out/15	10	nov/15	16	dez/15	8	fev/16	15	mar/16	16	abr/16	2
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																													
ago/15	0,37	0,27																																													
set/15	0,44	0,38																																													
out/15	0,31	0,28																																													
nov/15	0,26	0,21																																													
dez/15	0,27	0,31																																													
fev/16	0,18	0,15																																													
mar/16	0,35	0,28																																													
abr/16	0,31	0,30																																													
Mês	DPR Calculado (%)																																														
ago/15	20																																														
set/15	12																																														
out/15	10																																														
nov/15	16																																														
dez/15	8																																														
fev/16	15																																														
mar/16	16																																														
abr/16	2																																														

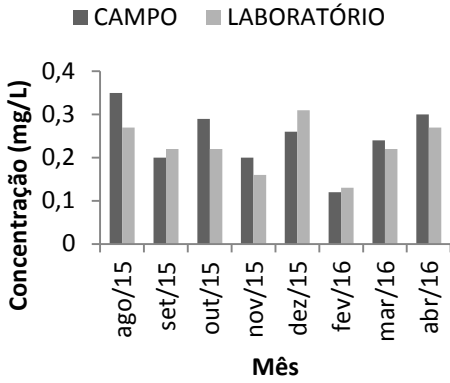
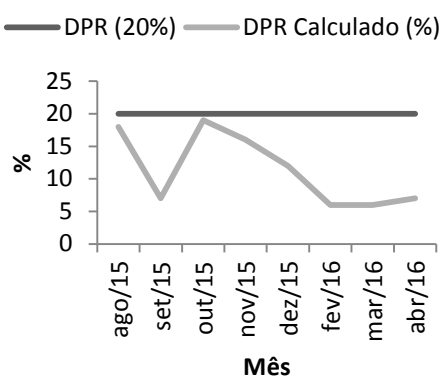
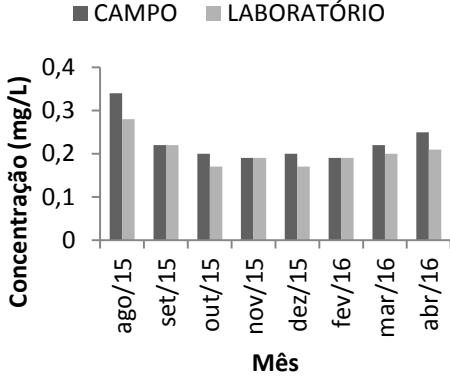
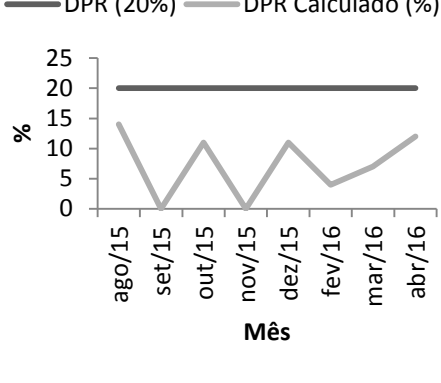
Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DESVIO PADRÃO RELATIVO ENTRE OS RESULTADOS
3	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DESVIO PADRÃO RELATIVO ENTRE OS RESULTADOS
6	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>%</p> <p>Mês</p>
7	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que no mês de agosto de 2015 (ponto 1) e fevereiro de 2016 (ponto 3), os resultados da análise de alumínio nas amostras de chorume obtiveram uma dispersão entre os resultados superior ao valor de 20% do DPR.

Os demais valores, apesar de estarem abaixo do valor aceitável do DPR, no ponto 2 (agosto/2015), ponto 4 (fevereiro/2016) e ponto 5 (dezembro/2015) configuraram valores de 20% na dispersão dos resultados.

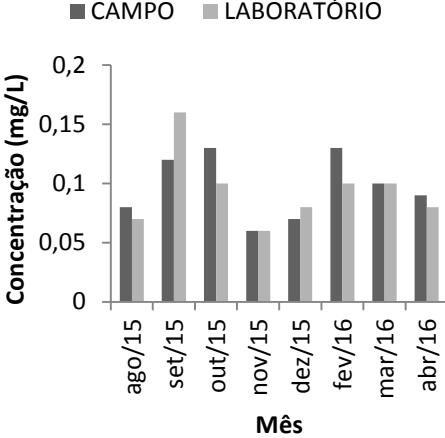
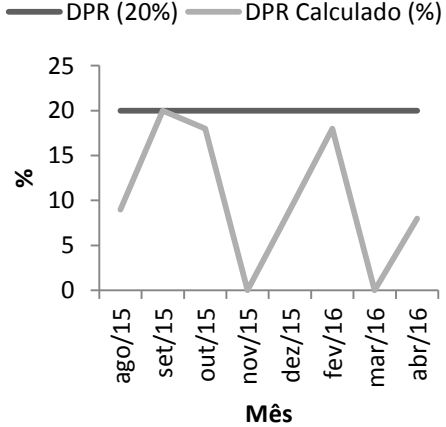
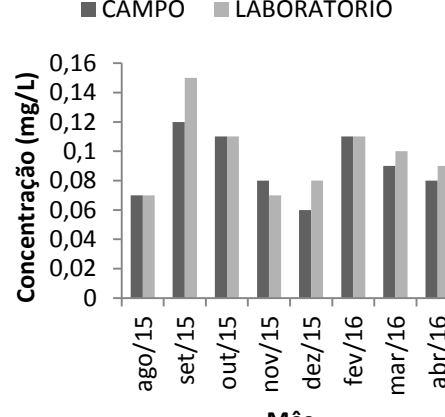
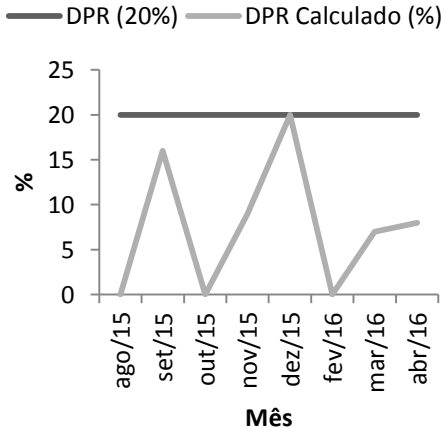
Do total de 56 amostras de chorume filtradas para análise de alumínio, 80% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 7% dos

resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.

#### 4.5.2 Cromo

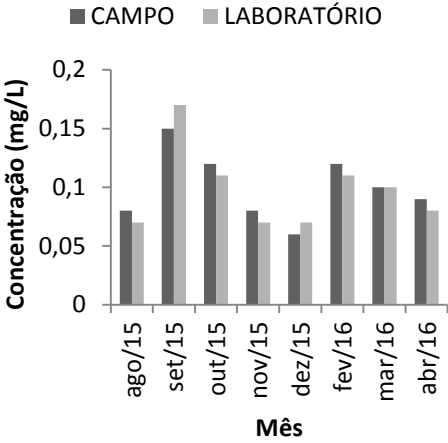
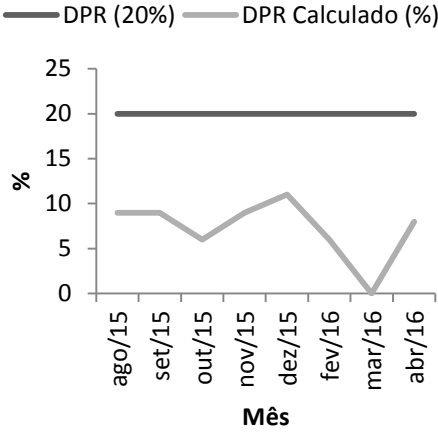
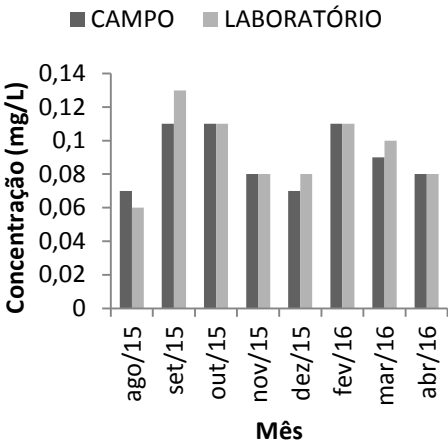
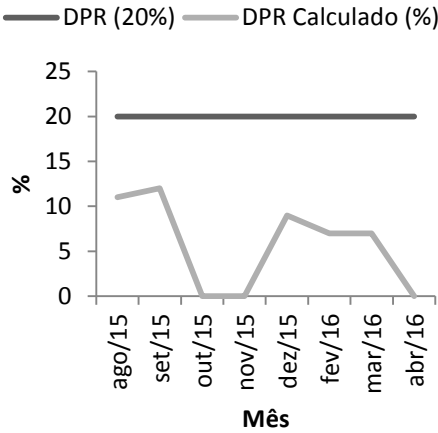
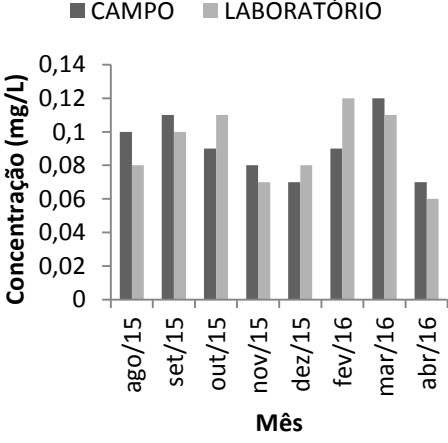
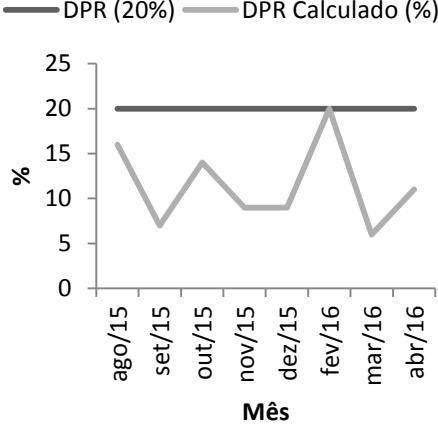
O QUADRO 15 apresenta a quantificação de cromo nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

QUADRO 15 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE CROMO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DESVIO PADRÃO RELATIVO ENTRE OS RESULTADOS
1	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
2	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DESVIO PADRÃO RELATIVO ENTRE OS RESULTADOS
3	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DESVIO PADRÃO RELATIVO ENTRE OS RESULTADOS
6	<p>Concentração (mg/L)</p> <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
7	<p>Concentração (mg/L)</p> <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que os resultados da análise de cromo nas amostras filtradas em campo e em laboratório de choro obtiveram uma dispersão entre os resultados abaixo do valor de 20% do DPR.

Os demais valores, apesar de estarem abaixo do valor aceitável do DPR, nos pontos 1 (setembro/2015), ponto 2 (dezembro/2015) e ponto 5 (fevereiro/2016) configuraram valores de 20% na dispersão dos resultados.

Do total de 56 amostras de choro filtradas para análise de cromo, 39% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 27% dos resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.

## 4.5.3 Boro

O QUADRO 16 apresenta a quantificação de boro nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

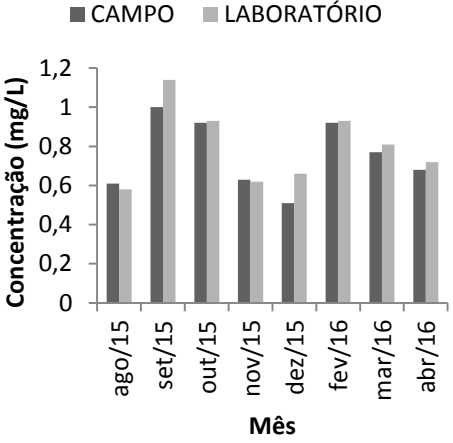
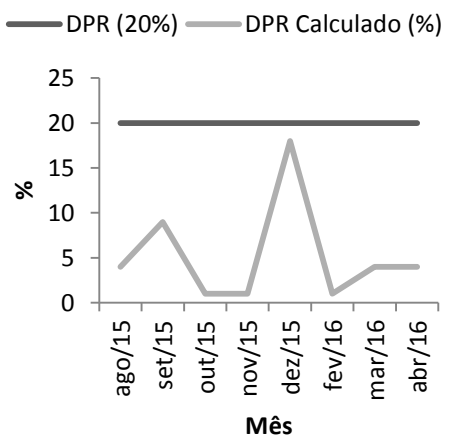
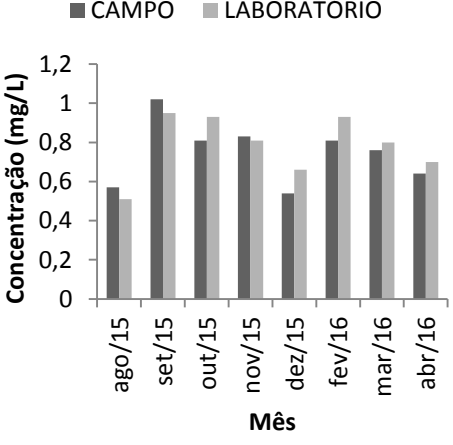
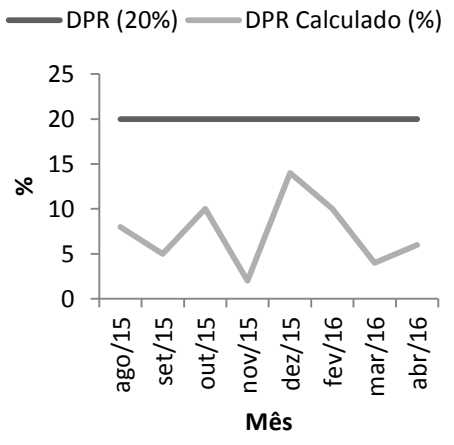
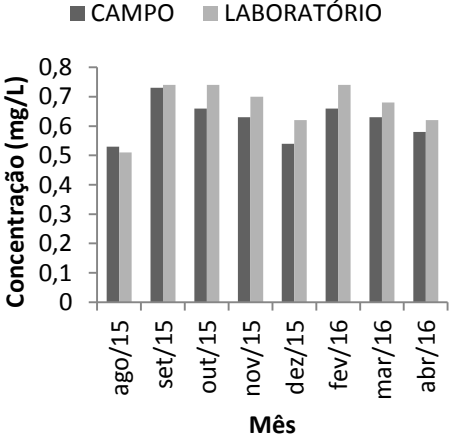
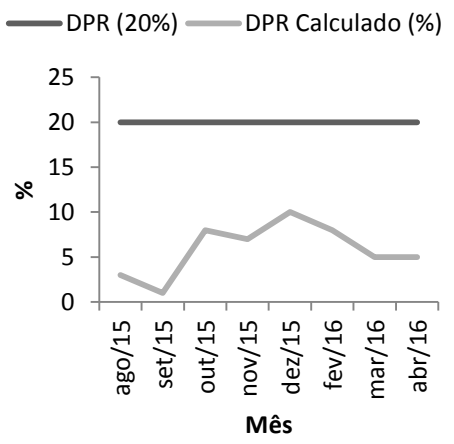
QUADRO 16 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE BORO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO																																													
1	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <table border="1"> <caption>Concentração de Boro (mg/L) - Ponto 1</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,68</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,92</td><td>1,08</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,90</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,52</td><td>0,42</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,62</td><td>0,68</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,90</td><td>0,70</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,75</td><td>0,72</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,72</td><td>0,72</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,68	0,62	set/15	0,92	1,08	out/15	0,90	0,85	nov/15	0,52	0,42	dez/15	0,62	0,68	fev/16	0,90	0,70	mar/16	0,75	0,72	abr/16	0,72	0,72	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <table border="1"> <caption>DPR (%) - Ponto 1</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>5</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>12</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>3</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>13</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>6</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>17</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>2</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR Calculado (%)	ago/15	5	set/15	12	out/15	3	nov/15	13	dez/15	6	fev/16	17	mar/16	2	abr/16	1
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																													
ago/15	0,68	0,62																																													
set/15	0,92	1,08																																													
out/15	0,90	0,85																																													
nov/15	0,52	0,42																																													
dez/15	0,62	0,68																																													
fev/16	0,90	0,70																																													
mar/16	0,75	0,72																																													
abr/16	0,72	0,72																																													
Mês	DPR Calculado (%)																																														
ago/15	5																																														
set/15	12																																														
out/15	3																																														
nov/15	13																																														
dez/15	6																																														
fev/16	17																																														
mar/16	2																																														
abr/16	1																																														
2	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <table border="1"> <caption>Concentração de Boro (mg/L) - Ponto 2</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,58</td><td>0,58</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,95</td><td>1,08</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,80</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,62</td><td>0,48</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,55</td><td>0,68</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,82</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,72</td><td>0,72</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,65</td><td>0,68</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,58	0,58	set/15	0,95	1,08	out/15	0,80	0,75	nov/15	0,62	0,48	dez/15	0,55	0,68	fev/16	0,82	0,75	mar/16	0,72	0,72	abr/16	0,65	0,68	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <table border="1"> <caption>DPR (%) - Ponto 2</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>1</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>7</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>5</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>17</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>15</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>5</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR Calculado (%)	ago/15	1	set/15	7	out/15	5	nov/15	17	dez/15	15	fev/16	5	mar/16	0	abr/16	3
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																													
ago/15	0,58	0,58																																													
set/15	0,95	1,08																																													
out/15	0,80	0,75																																													
nov/15	0,62	0,48																																													
dez/15	0,55	0,68																																													
fev/16	0,82	0,75																																													
mar/16	0,72	0,72																																													
abr/16	0,65	0,68																																													
Mês	DPR Calculado (%)																																														
ago/15	1																																														
set/15	7																																														
out/15	5																																														
nov/15	17																																														
dez/15	15																																														
fev/16	5																																														
mar/16	0																																														
abr/16	3																																														

Continua



Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
3	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
6	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
7	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que os resultados da análise de boro nas amostras filtradas em campo e em laboratório de choro obtiveram uma dispersão entre os resultados abaixo do valor de 20% do DPR.

Do total de 56 amostras de choro filtradas para análise de boro, 32% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 4% dos resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.

## 4.5.4 Ferro

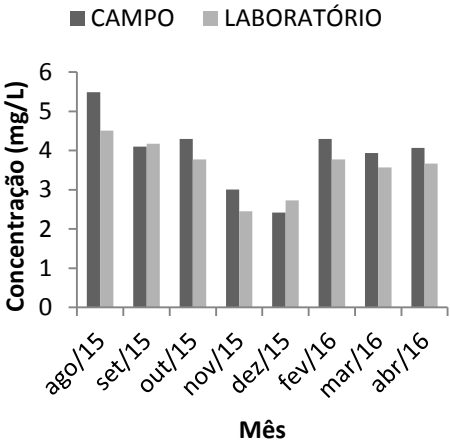
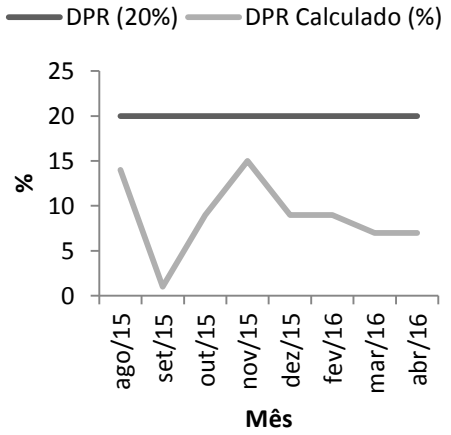
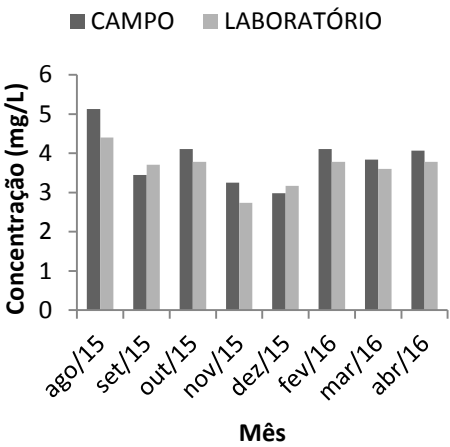
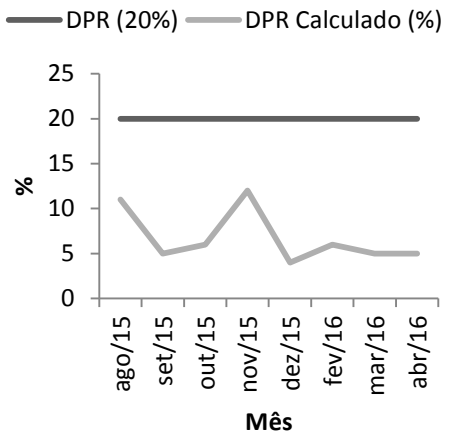
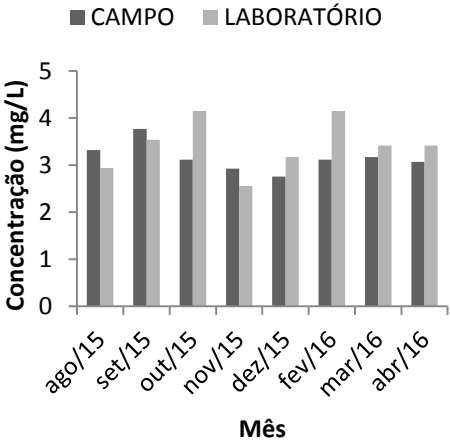
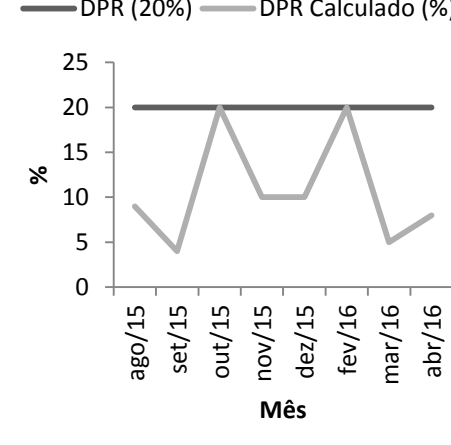
O QUADRO 17 apresenta a quantificação de ferro nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

QUADRO 17 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE FERRO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
1	<p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>DPR (20%) DPR Calculado (%)</p> <p>Mês</p>
2	<p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>DPR (20%) DPR Calculado (%)</p> <p>Mês</p>

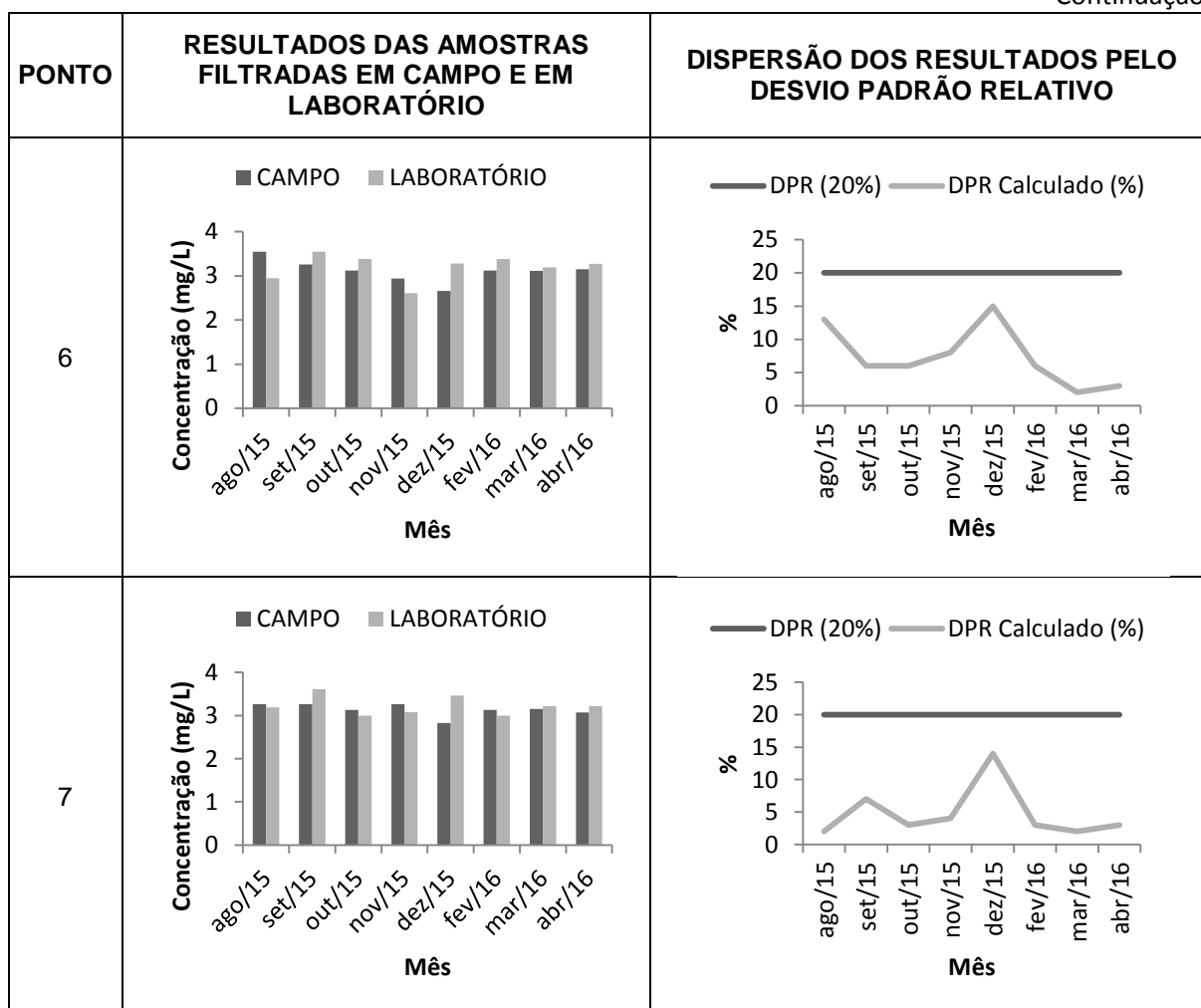
Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
3	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>DPR (20%) DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>DPR (20%) DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>DPR (20%) DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação



FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que os resultados da análise de ferro nas amostras filtradas em campo e em laboratório de chorume obtiveram uma dispersão entre os resultados acima do valor de 20% do DPR, nos pontos 1 (novembro/2015) e ponto 2 (dezembro/2015).

Apesar dos demais valores estarem abaixo do limite de dispersão aceitável, no ponto 5 verifica-se que em outubro/2015 e fevereiro/2016, os valores de dispersão do DPR foram de 20%.

Do total de 56 amostras de chorume filtradas para análise de ferro, 57% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório, sem a presença de valores idênticos entre as amostras, demonstrando oscilações em ambas metodologias.

## 4.5.5 Bário

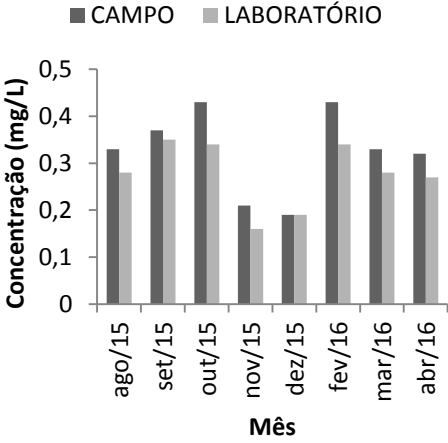
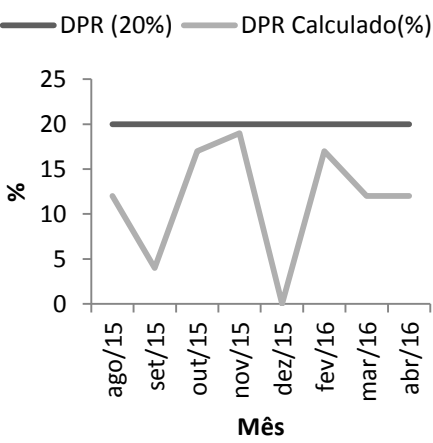
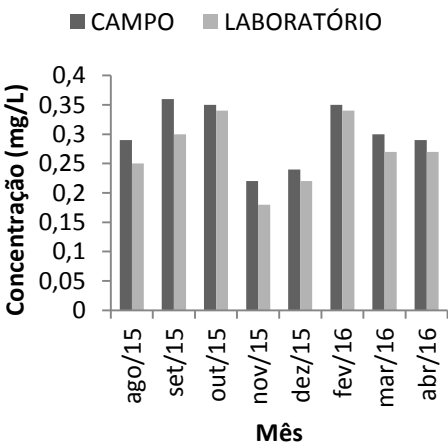
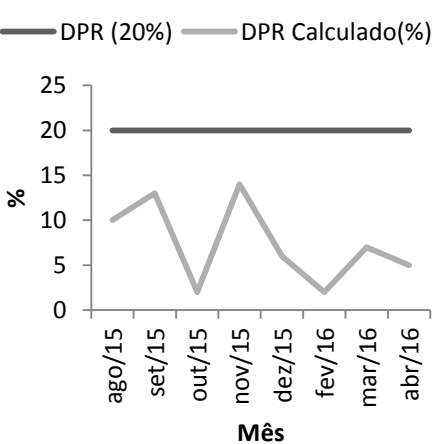
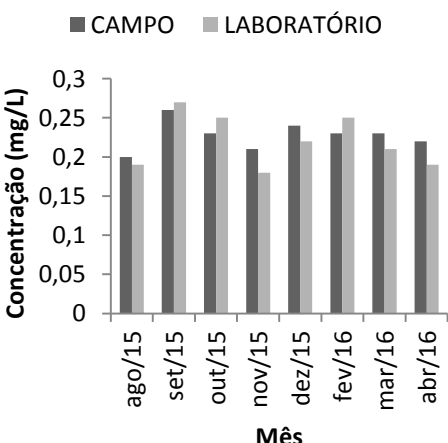
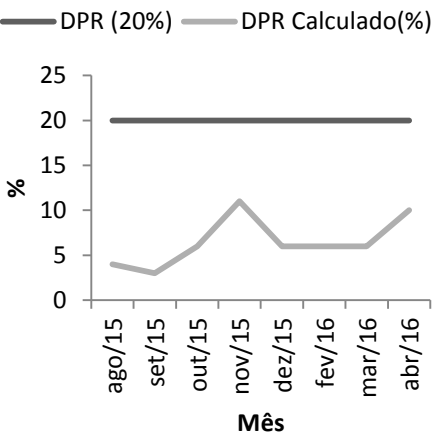
O QUADRO 18 apresenta a quantificação de bário nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo

QUADRO 18 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE BÁRIO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO																																																						
1	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 1: Concentration (mg/L)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,31</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,34</td><td>0,39</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,35</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,23</td><td>0,18</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,34</td><td>0,31</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,35</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,31</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,33</td><td>0,28</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,31	0,27	set/15	0,34	0,39	out/15	0,35	0,26	nov/15	0,23	0,18	dez/15	0,34	0,31	fev/16	0,35	0,27	mar/16	0,31	0,28	abr/16	0,33	0,28	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado(%)</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 1: Relative Standard Deviation (%)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR (20%) (%)</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>20</td><td>10</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>20</td><td>10</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>20</td><td>17</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>20</td><td>7</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>20</td><td>18</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>20</td><td>9</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>20</td><td>12</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR (20%) (%)	DPR Calculado (%)	ago/15	20	10	set/15	20	10	out/15	20	21	nov/15	20	17	dez/15	20	7	fev/16	20	18	mar/16	20	9	abr/16	20	12
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																																						
ago/15	0,31	0,27																																																						
set/15	0,34	0,39																																																						
out/15	0,35	0,26																																																						
nov/15	0,23	0,18																																																						
dez/15	0,34	0,31																																																						
fev/16	0,35	0,27																																																						
mar/16	0,31	0,28																																																						
abr/16	0,33	0,28																																																						
Mês	DPR (20%) (%)	DPR Calculado (%)																																																						
ago/15	20	10																																																						
set/15	20	10																																																						
out/15	20	21																																																						
nov/15	20	17																																																						
dez/15	20	7																																																						
fev/16	20	18																																																						
mar/16	20	9																																																						
abr/16	20	12																																																						
2	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 2: Concentration (mg/L)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,31</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,33</td><td>0,34</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,33</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,22</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,23</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,33</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,29</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,30</td><td>0,28</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,31	0,27	set/15	0,33	0,34	out/15	0,33	0,29	nov/15	0,22	0,17	dez/15	0,23	0,25	fev/16	0,33	0,29	mar/16	0,29	0,27	abr/16	0,30	0,28	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado(%)</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 2: Relative Standard Deviation (%)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR (20%) (%)</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>20</td><td>10</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>20</td><td>2</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>20</td><td>9</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>20</td><td>18</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>20</td><td>6</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>20</td><td>9</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>20</td><td>5</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>20</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR (20%) (%)	DPR Calculado (%)	ago/15	20	10	set/15	20	2	out/15	20	9	nov/15	20	18	dez/15	20	6	fev/16	20	9	mar/16	20	5	abr/16	20	5
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																																						
ago/15	0,31	0,27																																																						
set/15	0,33	0,34																																																						
out/15	0,33	0,29																																																						
nov/15	0,22	0,17																																																						
dez/15	0,23	0,25																																																						
fev/16	0,33	0,29																																																						
mar/16	0,29	0,27																																																						
abr/16	0,30	0,28																																																						
Mês	DPR (20%) (%)	DPR Calculado (%)																																																						
ago/15	20	10																																																						
set/15	20	2																																																						
out/15	20	9																																																						
nov/15	20	18																																																						
dez/15	20	6																																																						
fev/16	20	9																																																						
mar/16	20	5																																																						
abr/16	20	5																																																						

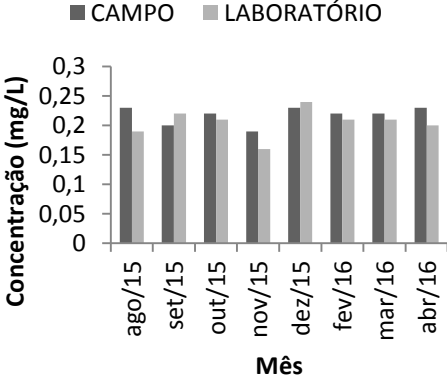
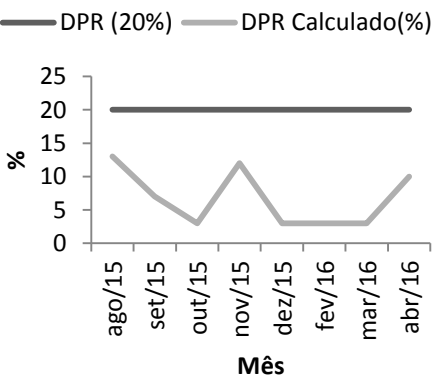
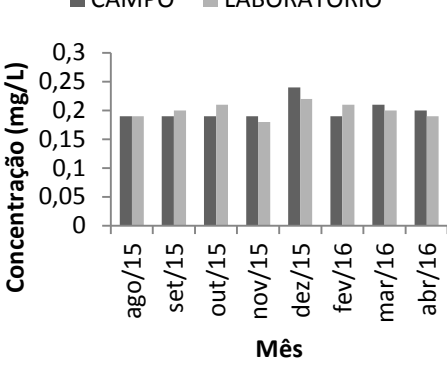
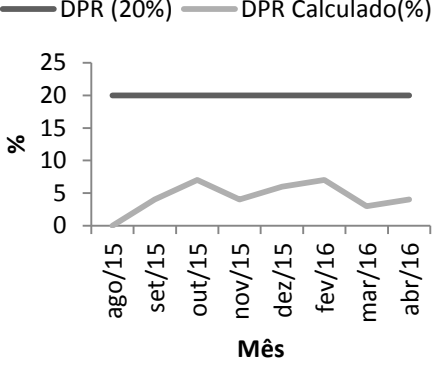
Continua

Contiuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
3		
4		
5		

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
6	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado(%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
7	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado(%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que o resultado da análise de bário nas amostras filtradas em campo e em laboratório de choro de do ponto 1 (outubro/2015) obteve uma dispersão entre os resultados acima do valor de 20% do DPR.

Do total de 56 amostras de choro filtradas para análise de bário, 77% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 4% dos resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.



## 4.5.3 Manganês

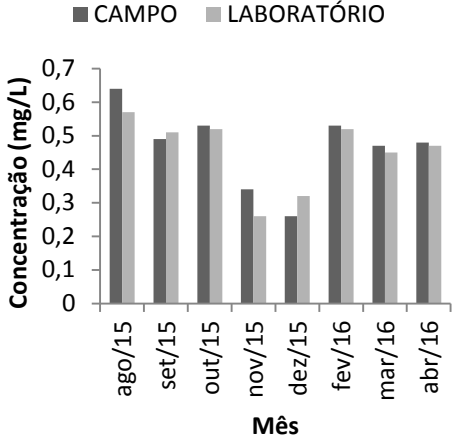
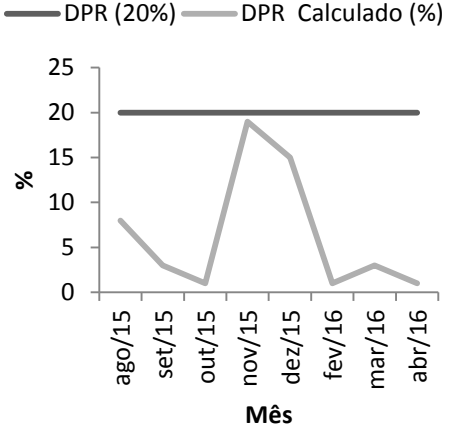
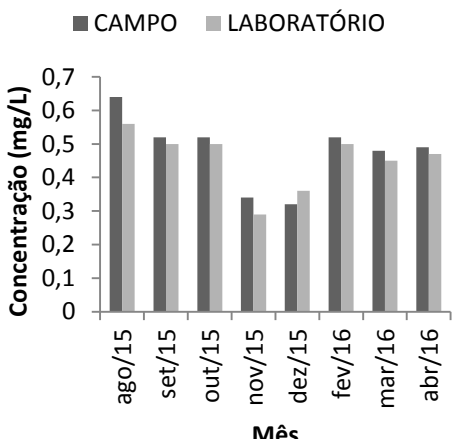
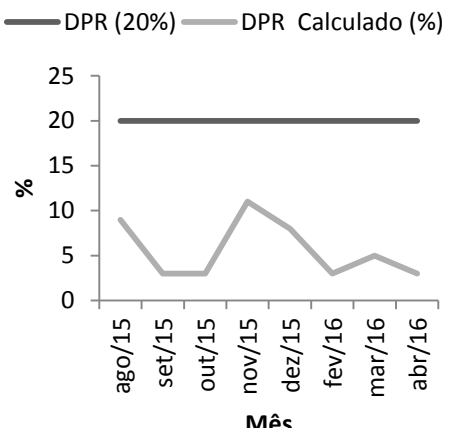
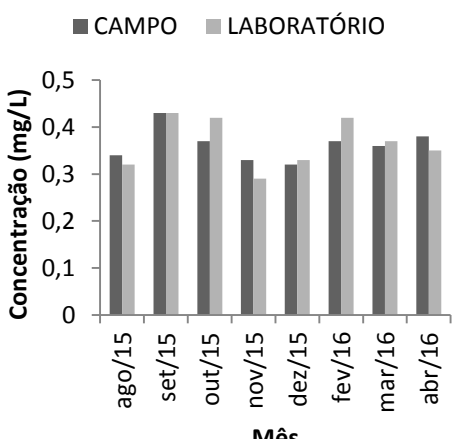
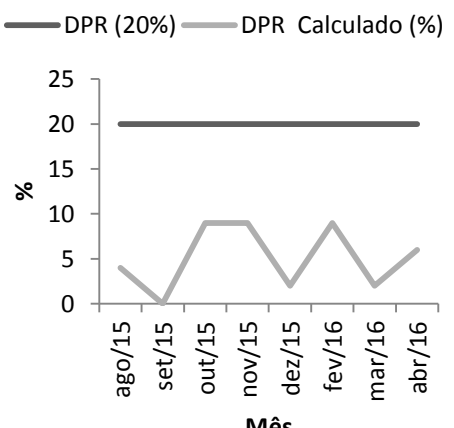
O QUADRO 19 apresenta a quantificação de manganês nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

QUADRO 19 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE MANGANÊS NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO																																													
1	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 1: Concentration (mg/L)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,65</td><td>0,60</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,42</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,50</td><td>0,48</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,60</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,65</td><td>0,70</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,50</td><td>0,48</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,55</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,60</td><td>0,52</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,65	0,60	set/15	0,42	0,50	out/15	0,50	0,48	nov/15	0,60	0,50	dez/15	0,65	0,70	fev/16	0,50	0,48	mar/16	0,55	0,55	abr/16	0,60	0,52	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 1: Relative Standard Deviation (%)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>6</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>12</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>3</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>14</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>6</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>3</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>1</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>9</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR Calculado (%)	ago/15	6	set/15	12	out/15	3	nov/15	14	dez/15	6	fev/16	3	mar/16	1	abr/16	9
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																													
ago/15	0,65	0,60																																													
set/15	0,42	0,50																																													
out/15	0,50	0,48																																													
nov/15	0,60	0,50																																													
dez/15	0,65	0,70																																													
fev/16	0,50	0,48																																													
mar/16	0,55	0,55																																													
abr/16	0,60	0,52																																													
Mês	DPR Calculado (%)																																														
ago/15	6																																														
set/15	12																																														
out/15	3																																														
nov/15	14																																														
dez/15	6																																														
fev/16	3																																														
mar/16	1																																														
abr/16	9																																														
2	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 2: Concentration (mg/L)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>CAMPO (mg/L)</th> <th>LABORATÓRIO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>0,60</td><td>0,58</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>0,48</td><td>0,52</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>0,48</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>0,38</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>0,30</td><td>0,42</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>0,48</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>0,45</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>0,48</td><td>0,48</td></tr> </tbody> </table>	Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)	ago/15	0,60	0,58	set/15	0,48	0,52	out/15	0,48	0,45	nov/15	0,38	0,30	dez/15	0,30	0,42	fev/16	0,48	0,45	mar/16	0,45	0,55	abr/16	0,48	0,48	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p> <table border="1"> <caption>Data for Point 2: Relative Standard Deviation (%)</caption> <thead> <tr> <th>Mês</th> <th>DPR Calculado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ago/15</td><td>4</td></tr> <tr><td>set/15</td><td>7</td></tr> <tr><td>out/15</td><td>8</td></tr> <tr><td>nov/15</td><td>15</td></tr> <tr><td>dez/15</td><td>21</td></tr> <tr><td>fev/16</td><td>8</td></tr> <tr><td>mar/16</td><td>15</td></tr> <tr><td>abr/16</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	Mês	DPR Calculado (%)	ago/15	4	set/15	7	out/15	8	nov/15	15	dez/15	21	fev/16	8	mar/16	15	abr/16	3
Mês	CAMPO (mg/L)	LABORATÓRIO (mg/L)																																													
ago/15	0,60	0,58																																													
set/15	0,48	0,52																																													
out/15	0,48	0,45																																													
nov/15	0,38	0,30																																													
dez/15	0,30	0,42																																													
fev/16	0,48	0,45																																													
mar/16	0,45	0,55																																													
abr/16	0,48	0,48																																													
Mês	DPR Calculado (%)																																														
ago/15	4																																														
set/15	7																																														
out/15	8																																														
nov/15	15																																														
dez/15	21																																														
fev/16	8																																														
mar/16	15																																														
abr/16	3																																														

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
3	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
6	<p>Concentração (mg/L)</p> <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
7	<p>Concentração (mg/L)</p> <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que o resultado da análise de manganês nas amostras filtradas em campo e em laboratório de chorume do ponto 2 (dezembro/2015) obtiveram uma dispersão entre os resultados acima do valor de 20% do DPR.

Do total de 56 amostras de chorume filtradas para análise de manganês, 36% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 1% dos resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.

## 4.5.6 Níquel

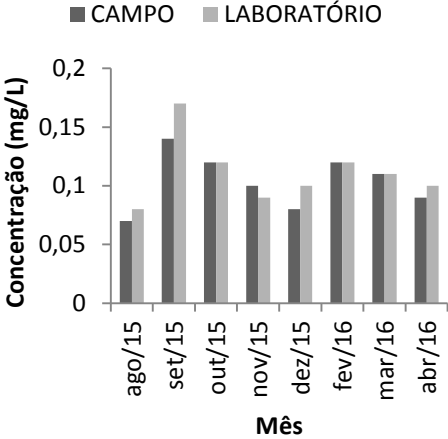
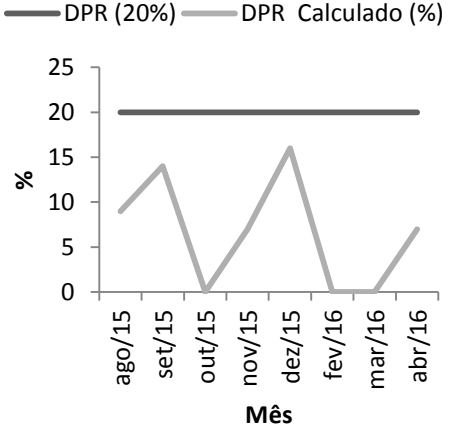
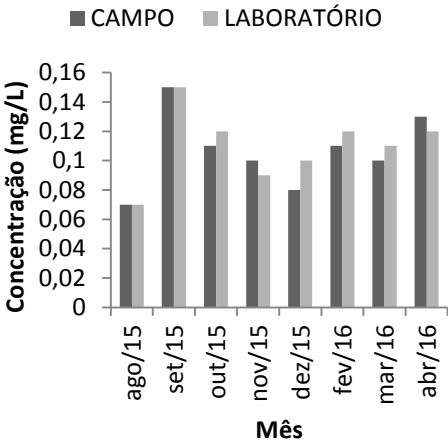
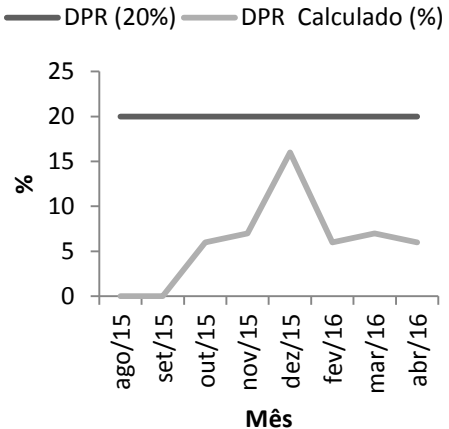
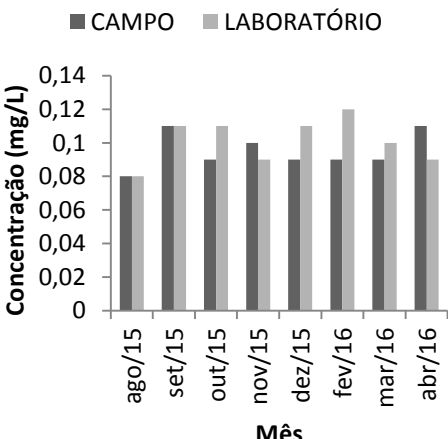
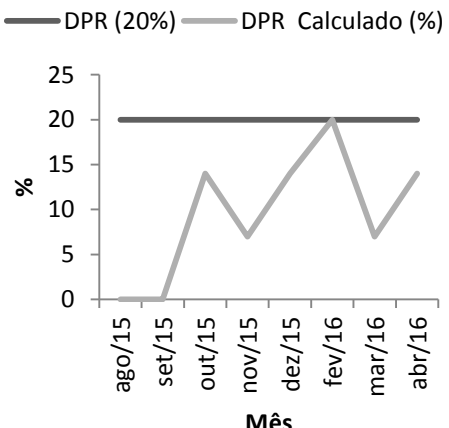
O QUADRO 20 apresenta a quantificação de níquel nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

QUADRO 20 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE NÍQUEL NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
1	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
2	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

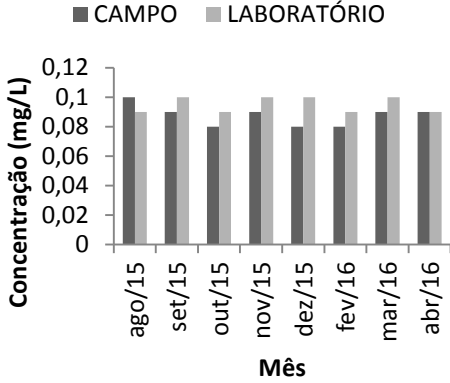
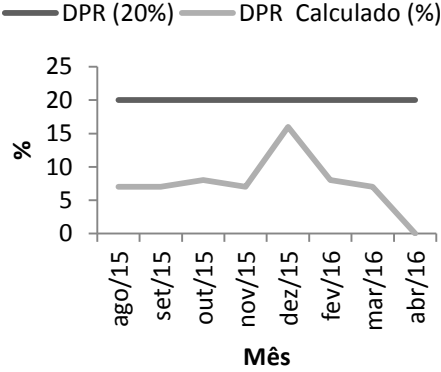
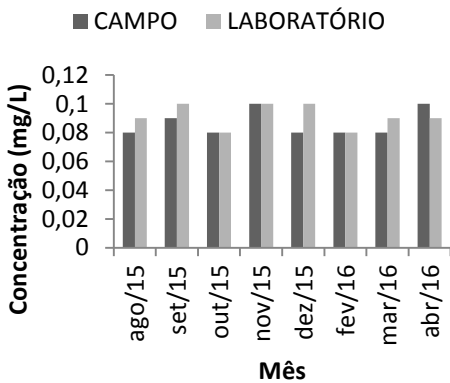
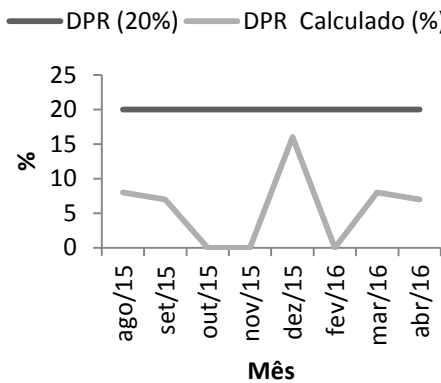
Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
3	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
6	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>%</p> <p>Mês</p>
7	 <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que o resultado da análise de níquel nas amostras filtradas em campo e em laboratório de chorume obteve uma dispersão entre os resultados abaixo do valor de 20% do DPR.

Os demais valores, apesar de estarem abaixo do valor aceitável do DPR, no ponto 1 (outubro/2015 e fevereiro/2016) e ponto 5 (fevereiro/2016) configuraram valores de 20% na dispersão dos resultados.

Do total de 56 amostras de chorume filtradas para análise de níquel, 25% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 21% dos resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.

## 4.5.7 Zinco

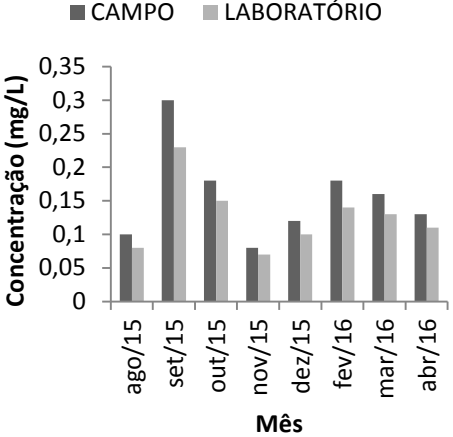
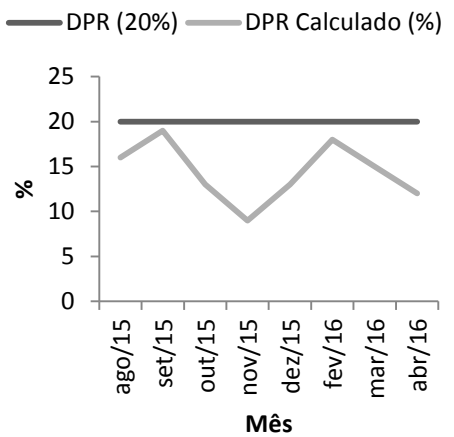
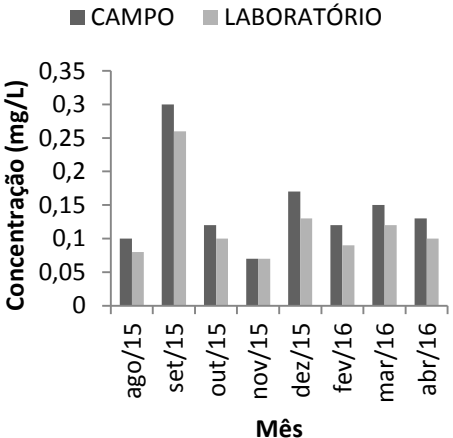
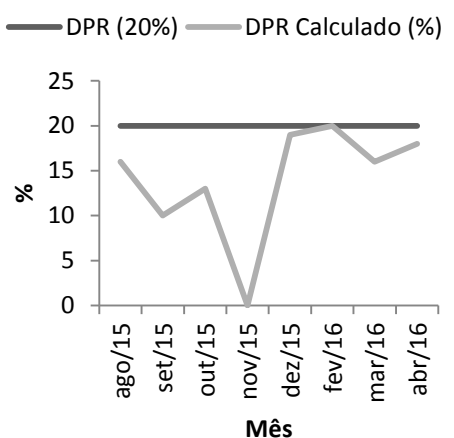
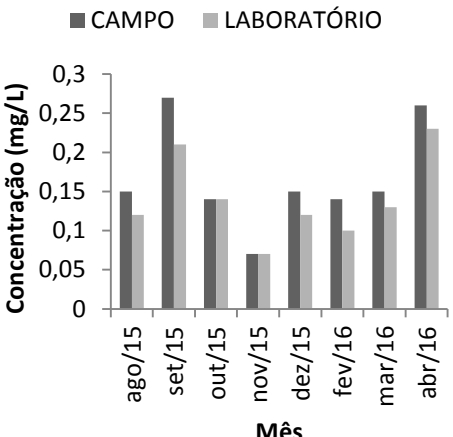
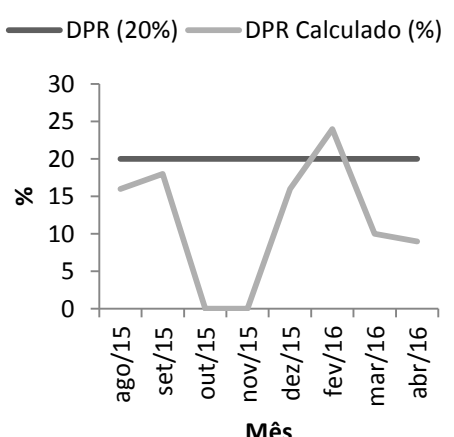
O QUADRO 21 apresenta a quantificação de zinco nas amostras de chorume filtradas em campo e em laboratório e a dispersão dos resultados por meio do desvio padrão relativo.

QUADRO 21 – QUANTIFICAÇÃO E DISPERSÃO DOS RESULTADOS DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE CHORUME FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
1	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
2	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua

Continuação

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
3	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
4	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
5	 <p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	 <p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

Continua



Continua

PONTO	RESULTADOS DAS AMOSTRAS FILTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO	DISPERSÃO DOS RESULTADOS PELO DESVIO PADRÃO RELATIVO
6	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>
7	<p>■ CAMPO ■ LABORATÓRIO</p> <p>Concentração (mg/L)</p> <p>Mês</p>	<p>— DPR (20%) — DPR Calculado (%)</p> <p>%</p> <p>Mês</p>

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados mostram que o resultado da análise de zinco nas amostras filtradas em campo e em laboratório de choro obtve uma dispersão entre os resultados acima do valor de 20% do DPR, nos pontos 1 (dezembro/2015) e ponto 5 (fevereiro/2016).

Os demais valores, apesar de estarem abaixo do valor aceitável do DPR, no ponto 4 (fevereiro/2016), ponto 6 (setembro/2015) e ponto 7 (fevereiro/2016) configuraram valores de 20% na dispersão dos resultados.

Do total de 56 amostras de choro filtradas para análise de zinco, 86% dos resultados de campo permaneceram superiores aos de laboratório e 7% dos resultados demonstraram valores idênticos, sem dispersão dos resultados em relação à média.

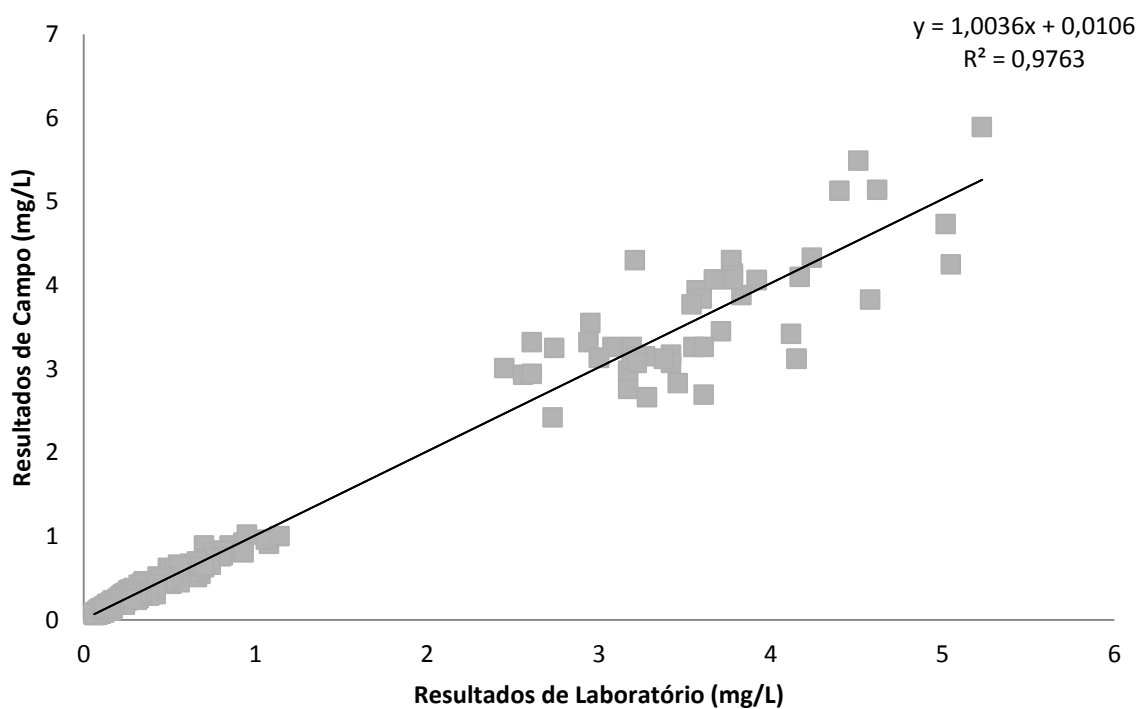
#### 4.6 COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

A análise dos metais dissolvidos, pelo equipamento ICP-OES, permitiu determinar as concentrações médias obtidas após a filtração em campo e em laboratório das amostras de chorume. Durante o ensaio houve a comparação direta entre a intensidade das amostras e o gráfico da calibração do equipamento ICP/OES, com emissão do resultado direto em concentração e expresso em mg/L.

Os APÊNDICES 1 a 8 apresentam a média dos resultados das análises de metais dissolvidos alumínio, cromo, boro, ferro, bário, manganês, níquel e zinco, pelo equipamento ICP/OES, nas amostras filtradas e acidificadas em campo e amostras filtradas e acidificadas em laboratório..

O GRAFICO 13 apresenta a dispersão dos resultados de campo e laboratório em relação a média dos resultados, e representa a aleatoriedade dos dados.

GRÁFICO 13 – REGRESSÃO LINEAR DOS DADOS DE CAMPO E LABORATÓRIO



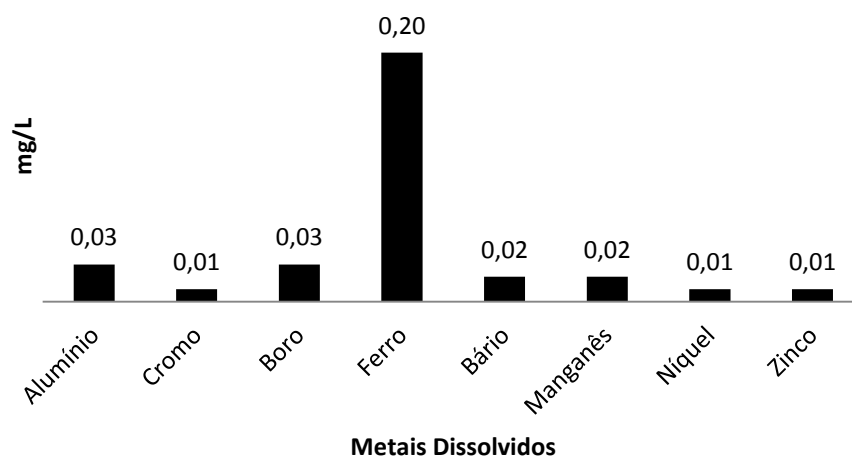
FONTE: O autor (2016).

Em análise ao GRÁFICO 13, verifica-se que o valor de  $R^2$  de todos os dados referentes às análises de campo e laboratório obteve um valor de 0,9763, ou seja, 97,63% de Y é explicada pela regressão, obedecendo a uma variável linear.

Os resultados obtidos, em sua maioria dos metais filtrados em campo, apresentaram concentrações maiores em comparação aos metais filtrados em laboratório. Para eficiência dos resultados, foi realizada a análise de desvio padrão relativo, para avaliação da dispersão entre os resultados.

O erro padrão obtido entre as amostras de chorume filtradas e preservadas em campo e as amostras filtradas e preservadas em laboratório, está apresentado nos APÊNDICES 1 a 8, e representa a divisão do desvio padrão pela raiz quadrada do tamanho da amostra. O GRÁFICO 14 apresenta os valores médios do erro padrão entre as amostras de chorume filtradas em campo e as amostras filtradas em laboratório.

GRÁFICO 14 – ERRO MÉDIO ENTRE AS AMOSTRAS DE CHORUME FLTRADAS EM CAMPO E EM LABORATÓRIO



FONTE: O autor (2016).

Observa-se que os valores variaram conforme a concentração da amostra, portanto as amostras de ferro apresentaram-se com maior índice de erro, pelo fato deste elemento estar em maior quantidade em relação aos demais. Segundo Usepa (2007) o erro padrão da média determina a precisão com a qual a média da amostra estima a média da população. Valores menores do erro padrão da média indicam

estimativas mais precisas da média da população. Quanto maior o desvio padrão maior o erro padrão da média e uma estimativa menos precisa.

Para os metais alumínio, cromo, boro, bário, manganês, níquel e zinco, verifica-se que os valores apresentados não representam diferenças significativas, pois o valor do erro entre as amostras é de 0,01 a 0,03 mg/L, e representam precisão em relação à média da população.

Vale lembrar que a análise das amostras filtradas em campo e laboratório não permite acesso a exatidão, ou seja, saber se o valor medido encontra-se próximo ao real, esta informação é obtida a partir de amostras de referência. Porém, o uso de padrões certificados para construção da curva analítica do equipamento confere confiabilidade ao método proposto, bem como a qualidade dos resultados.

#### 4.6.1 Aplicação do Teste F (*Snedecor*) e Teste t-*Student*

Os resultados obtidos pelo teste F (*Snedecor*) de variância demonstraram ser equivalentes como pode ser observado na TABELA 1, uma vez que os resultados para o F calculado se mantiveram abaixo do valor estabelecido para o F crítico.

TABELA 1 - RESULTADOS DO TESTE F

Ponto	Al	Cr	B	Fe	Ba	Mn	Ni	Zn	F Crítico	Situação
1	0,360	0,799	0,801	0,909	0,122	0,644	0,613	0,511	2,365	Variâncias Iguais
2	0,307	0,545	0,949	0,800	0,347	0,804	0,464	0,316		
3	0,085	0,876	0,642	0,373	0,234	0,794	0,565	0,337		
4	0,381	0,718	0,629	0,412	0,303	0,611	0,766	0,434		
5	0,297	1,000	0,213	0,263	0,589	0,869	0,324	0,401		
6	0,553	0,751	0,363	0,535	0,225	0,173	0,032	0,615		
7	0,319	0,334	0,000	0,365	1,000	0,401	0,273	0,610		

FONTE: O autor (2016).

Em análise a tabela de resultados do teste F (*Snedecor*), verifica-se que o mesmo pode ser recomendado para análise da variância, mesmo em cenários com maior variação de valores, além de se mostrar pouco sensível ao número de tratamentos, repetições ou diferença entre as médias, e segundo Inmetro (2011), a matriz não tem um efeito importante sobre a precisão do método na faixa de concentração em estudo.

Assim como no teste F (*Snedecor*), o resultado das médias das amostras filtradas em campo e em laboratório também foram submetidas ao teste *t-Student*, que por ser um teste paramétrico, considera-se que é robusto para falta de homogeneidade da variância dos erros (INMETRO, 2011).

Após a submissão dos resultados obtidos pelo teste *t-Student*, as médias avaliadas evidenciam que não houve diferenças significativas, como pode ser observado na TABELA 2, uma vez que os resultados para o *t* calculado mantiveram-se abaixo do valor estabelecido para o *t* crítico, e segundo Inmetro (2007) os desvios-padrão dos grupos de testes mantiveram a igualdade das médias dos dois conjuntos de amostras.

Os resultados obtidos pelo *T-Student* estão relacionados na TABELA 2 e foram comparados com a média da população, conforme *T* crítico tabelado.

TABELA 2 - RESULTADOS DO TESTE T-STUDENT

Ponto	Al	Cr	B	Fe	Ba	Mn	Ni	Zn	T Crítico	Situação
1	0,581	0,754	0,483	0,969	0,329	0,900	0,474	0,359	3,438	Diferença não significativa
2	0,749	0,579	0,667	0,747	0,834	0,948	0,301	0,470		
3	0,525	0,665	0,832	0,462	0,547	0,814	0,671	0,438		
4	0,480	0,534	0,961	0,434	0,855	0,660	0,861	0,719		
5	0,485	0,644	0,627	0,129	0,136	0,289	0,545	0,595		
6	0,628	0,673	0,712	0,698	0,260	0,284	0,478	0,822		
7	0,380	0,968	0,661	0,303	0,442	0,026	0,812	0,542		

FONTE: O autor (2016).

Analisando a TABELA 2, verifica-se que a média das amostras é igual à média da população, seguindo uma distribuição normal, e estatisticamente relevante, portanto as distribuições t são apropriadas para testar a hipótese nula de que a média das diferenças é igual à zero.

#### 4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS ACIMA DOS PADRÕES ACEITÁVEIS

Em relação a análise dos dados das amostras filtradas em campo e em laboratório, quanto a comparação dos resultados, foram aceitos os valores de até 20% do desvio padrão relativo, segundo método 3020B do *Standard Methods* (APHA, 2012f). Neste ponto vale lembrar que os esses métodos são padrões para a análise de água e esgoto desde 1905. O *Standard Methods* é uma publicação conjunta da American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF).

Em análise aos APÊNDICES 1 a 8 e QUADROS 14 a 21, verifica-se que os resultados que permaneceram acima de 20% do desvio padrão relativo, foram pontuais, conforme mostra o QUADRO 22.

QUADRO 22 – DESVIO PADRÃO RELATIVO ACIMA DO LIMITE DE 20%

<b>METAL</b>	<b>PONTO</b>	<b>MÊS</b>	<b>CAMPO (mg/L)</b>	<b>LABORATÓRIO (mg/L)</b>	<b>DPR (%)</b>
Alumínio	1	Agosto / 2015	0,23	0,17	21
	3	Fevereiro / 2016	0,19	0,14	21
Ferro	1	Novembro / 2015	4,25	5,05	21
	2	Dezembro 2015	2,69	3,61	21
Bário	1	Outubro / 2015	0,35	0,26	21
Manganês	2	Dezembro / 2015	0,31	0,42	21
Zinco	1	Dezembro / 2015	0,11	0,15	22
	5	Fevereiro / 2016	0,14	0,10	24

FONTE: o autor (2016)

Em relação a porcentagem total de amostras analisadas, os dados do QUADRO 22 evidenciam que 3,57% das amostras de alumínio, ferro e zinco apresentaram resultados acima do limite de dispersão aceitável entre as amostras filtradas em campo e em laboratório de acordo com o método empregado. Já as amostras de bário e manganês apresentaram 1,79% de resultados acima do limite.

Segundo Inmetro (2011) o DPR expressa a relação percentual do desvio padrão em relação à média. Quando o desvio padrão da série é pequeno a amostra é homogênea, quando o valor é alto a amostra é heterogênea. Para os resultados do QUADRO 22 e nas condições analisadas pode-se concluir que os resultados possuem uma dispersão de dados em relação à média maior que os demais, ou seja, as amostras são heterogêneas.

Para estes resultados, foi aplicada a metodologia sugerida no documento *Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Inorganic Data Review* (USEPA, 2004), que define um valor menos restritivo de 35% para o DPR, referente à dispersão dos resultados acima do limite de 20%, porém com a condição de que as concentrações sejam até cinco vezes o limite de quantificação do método analítico.

Neste caso multiplica-se o limite de quantificação do método por 5, se a concentração for menor que o resultado, a análise do USEPA (2004) pode ser aplicada, pois evidencia-se um DPR de até 35%.

O QUADRO 23 apresenta o resultado das análises que permaneceram acima de 20% do desvio padrão relativo e tiveram o limite de quantificação multiplicados por 5, a fim de serem submetidos ao limite de 35% imposto pelo USEPA (2004).

QUADRO 23 – AMPLIAÇÃO DO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO

Elemento	Pontos	Campo (µg/L)	Laboratório (µg/L)	LQ	LQ ampliado 5x
Alumínio	01	0,23	0,17	0,05	0,25
	03	0,19	0,14		
Ferro	01	4,3	3,21	0,10	0,50
	02	2,69	3,61		

Continua

Continuação

<b>Elemento</b>	<b>Pontos</b>	<b>Campo (µg/L)</b>	<b>Laboratório (µg/L)</b>	<b>LQ</b>	<b>LQ ampliado 5x</b>
Bário	01	0,35	0,26	0,10	0,50
Manganês	01	0,31	0,42	0,10	0,50
Zinco	01	0,14	0,1	0,05	0,25
	05	0,11	0,15		

FONTE: O autor (2016).

Os dados apresentados demonstram que por meio da ampliação de 5 vezes o limite de quantificação, os metais dissolvidos que haviam ficado acima de 20% em relação ao DPR, permaneceram abaixo do limite estendido de 35%, sendo equivalentes aos padrões de qualidade aceitáveis, conforme QUADRO 24.

QUADRO 24 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS EM RELAÇÃO AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DE 35%.

<b>Elemento</b>	<b>Pontos</b>	<b>Campo (µg/L)</b>	<b>Laboratório (µg/L)</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>Situação</b>
Alumínio	01	0,23	0,17	21	Abaixo do limite de 35%
	03	0,19	0,14	21	
Ferro	01	4,25	5,05	21	
	02	2,69	3,61	21	
Bário	01	0,35	0,26	21	
Manganês	01	0,31	0,42	21	
Zinco	01	0,11	0,15	22	
	05	0,14	0,10	24	

FONTE: O autor (2016).

A divisão de uma amostra única, para filtração em campo e em laboratório, permite analisar de forma mais homogênea as relações entre as interações de filtragem e condições ambientais, evidenciando a correta aplicação dos métodos para resultados com maior garantia de qualidade.



A literatura define que muitos metais estão presentes naturalmente no solo (CETESB, 2009), e durante a filtração das amostras podem sofrer adsorção em partículas que ficam retidas nas membranas filtrantes em casos de saturação, mascarando os resultados reais e dificultando a filtração das amostras, essa característica foi verificada em condições de chuva pela possível lixiviação do solo nos sistemas de drenagem do chorume. Resultados esses observados na análise dos metais alumínio, ferro, bário, manganês e zinco.

Determinadas características dos metais devem ser levadas em consideração como mobilidade, oxidação e transformações no meio, pois são importantes para representação do todo amostrado, e devem ser correlacionadas com os interferentes ambientais durante os processos de monitoramento.

Neste estudo, entre os pontos amostrados, verificou-se que o ponto 1 (Entrada da Estação de Tratamento de Efluentes - ETE), deteve maior variabilidade entre as dispersões (Al, Fe, Ba, Mn, Zn), fato este explicado pelo recebimento do chorume bruto, que caracteriza maior concentração de sólidos e metais dissolvidos.

O ponto 1 também recebe o chorume das valas de drenagem presentes no aterro sanitário, contaminados pelos líquidos lixiviados em períodos chuvosos, acarretando no carreamento de materiais sólidos superficiais.

No ponto 2 (Entrada do tanque de equalização), cuja mistura homogênea facilita o processo de neutralização e precipitação dos metais, foi observada a variabilidade de dispersão entre as amostras filtradas de ferro. O uso de produtos químicos usados no tratamento como coagulantes à base de ferro provocam elevação de ferro em seu teor (CETESB, 2009), e podem ter influenciado a presença do ferro neste ponto, bem como durante a filtração das amostras.

No ponto 3 (Tanque de equalização), o chorume apresenta-se homogeneizado e pronto para ser conduzido ao tratamento físico-químico. Neste ponto foi observada a variabilidade de dispersão entre as amostras filtradas de alumínio.

No ponto 5 (Saída da *wetland* 1), cuja função é receber o chorume tratado, proveniente do aterro, foi observada a variabilidade de dispersão entre as amostras filtradas de zinco.

Segundo os resultados encontrados por Zanello (2006), no aterro da Caximba, o solo possui alto teor orgânico e pode estar relacionado com a atenuação

dos metais, mediante a lixiviação das partículas sólidas para os sistemas de drenagem do chorume.

De acordo com Hypólito e Ezaki (2006), o conteúdo total de metais no aterro corresponde ao somatório dos íons presentes no resíduo depositado, no chorume e no solo de cobertura. Dependendo do tipo de resíduo, a lixiviação é muito lenta. No chorume bruto os íons ficam associados às partículas coloidais (orgânicas e inorgânicas) e na forma de complexos, o pH alcalino torna o meio redutor fazendo com que os íons metálicos sejam precipitados na forma de sulfetos, sulfatos, carbonatos e oxi-hidróxidos. Quando há recirculação também pode ocorrer retenção de metais no solo de cobertura por processos de adsorção e precipitação resultante do contato chorume/solo/lixo.

#### 4.7.1 Alumínio

A análise do metal alumínio nas amostras de chorume demonstra que os resultados obtidos na análise das amostras filtradas em campo permaneceram mais elevados do que as filtrações em laboratório. A ocorrência desse fenômeno pode ser explicada, pela possibilidade do alumínio ocorrer em diferentes formas de acordo com o pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes no meio (CETESB, 2012b).

Segundo Morais (2005), os agentes empregados para os processos de coagulação/floculação podem ser classificados como agentes inorgânicos e possuem de forma isolada ou combinada as soluções de sulfato de alumínio, que assim como o ferro podem ter contribuído para a presença de alumínio no ponto 3, bem como durante a filtração das amostras.

Em relação à temperatura, subintende-se que não foi objeto de interferência em relação à complexação dos metais, pois foi mantida a 4°C desde o transporte das amostras até a filtração em laboratório, conforme recomendações da 22ª edição do *Standard Methods* (APHA, 2012d).

Quanto ao pH, a solubilidade do alumínio é baixa entre 5,5 e 6,0, em contrapartida, as concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5 a 1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas com extrema acidez, afetadas por

descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L (CETESB, 2009).

De acordo com essas especificações e os resultados apresentados no QUADRO 22, a acidificação das amostras filtradas em campo podem ter apresentado uma maior concentração de alumínio em relação a filtrada e acidificada em laboratório devido a possível perda de analitos durante o processo de transporte até o laboratório, mediante a aderência dos mesmos nos frascos ou pela precipitação devido a ação oxidativa da amostra.

#### 4.7.2 Ferro

Segundo os dados apresentados no QUADRO 22, 2% do total dos resultados obtidos na comparação entre as amostras filtradas em campo e em laboratório para obtenção das concentrações de ferro permaneceram acima de 20% em relação ao desvio padrão relativo entre os dois grupos.

De acordo com CETESB (2009), compostos inorgânicos como óxidos de ferro e manganês são abundantes em diversos tipos de solo. A análise dos interferentes demonstrou grande concentração de sólidos sedimentáveis no chorume em determinados períodos, contribuindo para a saturação dos meios filtrantes.

A aderência dos óxidos de ferro nas partículas sólidas, segundo CETESB (2009) podem ter contribuído para a variação dos resultados analisados, uma vez que o material retido no filtro poderia conter concentrações de metais dissolvidos que não passaram para a amostra filtrada.

A afirmação da CETESB (2009) reforça a relação entre o elemento ferro e a concentração de sólidos sedimentáveis, ao narrar que em águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Devido o perfil geomorfológico do aterro, o processo de escoamento das águas da chuva pode ter contribuído para a lixiviação do solo nas valas de condução do chorume e alterar a característica natural do meio, em períodos mais intensos de precipitação.

Essa característica pode ser observada pelo maior índice de variância e DPR entre as amostras no período de outubro a dezembro de 2015 (APÊNDICE 4). Verifica-se pelo GRÁFICO 12, que neste período também houve um aumento

considerável da vazão pela ação da chuva, contribuindo para o carreamento de materiais orgânicos nas valas de escoamento do chorume. Essa característica pode estar relacionada a saturação dos filtros por sólidos que contém em sua composição traços de ferro dissolvido.

Em relação às águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes à base de ferro provoca elevação em seu teor (CETESB, 2009). Segundo Brito (2005), no tratamento físico químico do chorume do aterro da Caximba, ocorre a adição de coagulantes e polieletrólitos, com o propósito de desencadear o processo de floculação para formação de flocos e decantação.

Os produtos químicos aumentam a eficácia de tratamento do chorume, mas podem conferir risco quando administrados de forma incorreta. Segundo Moraes (2005), a questão da toxicidade pode ser aumentada pela excessiva adição de produtos químicos que por meio de métodos padronizados como a oxidação e a coagulação, promovem clarificação do efluente, mas podem contribuir para o aumento da toxicidade.

A elevada concentração de ferro e alumínio em relação aos demais elementos pode ser justificada pela adição dos componentes químicos de tratamento, uma vez que segundo Moraes (2005), os agentes empregados para os processos de coagulação/floculação classificados como agentes inorgânicos possuem de forma isolada ou combinada as soluções de sulfato de alumínio, sulfato ferroso, cloreto férrico, clorosulfato férrico ou cloreto de polialumínio (PAC).

Segundo Canadá (2016), alguns metais possuem maior sensibilidade às reações de oxirredução, como o ferro, podendo converter um estado de oxidação para outro. Os compostos lixiviados normalmente são pobres em oxigênio, quando expostos por muito tempo à atmosfera a oxidação acontece, fazendo com que alguns metais sofram oxidação e precipitem. Portanto, ao serem filtrados em laboratório, os resultados dissolvidos para estes metais podem se tornar, mais baixos em relação as amostras filtradas em campo.

#### 4.7.3 Bário

Os dados apresentados no GRAFICO 4 evidenciam que 2% do total dos resultados obtidos na comparação entre as amostras filtradas em campo e em laboratório para obtenção das concentrações de bário permaneceram acima de 20% em relação ao desvio padrão relativo entre os dois grupos.

O bário está presente na atmosfera, água superficial urbana e rural, solos e muitos alimentos. Condições como pH, potencial de oxirredução, troca de cátions, capacidade e presença de sulfato, carbonato e óxidos metálicos (por exemplo, óxidos de alumínio, manganês, silício e titânio) afetará a mobilidade do bário e seus compostos no ambiente (ATSDR, 2007).

A afirmação de ATSDR (2007) pode ser notada nos resultados obtidos para a análise de bário, uma vez que as amostras filtradas em campo foram acidificadas logo após a filtração e as amostras de laboratório somente após a chegada das amostras no laboratório e a filtração pela bomba a vácuo. Esse processo, segundo Canadá (2016), pode promover a aderência do metal nas paredes dos frascos e diminuir a sua concentração nas amostras filtradas em laboratório.

Em meios aquáticos, o bário é suscetível à precipitação a partir da solução como um sal insolúvel (isto é, como  $BaSO_4$  ou  $BaCO_3$ ). O bário à base de água também pode adsorver-se a partículas em suspensão tais como bicarbonato ou sulfato na matéria (TANIZAKI et al, 1992 apud ATSDR, 2007).

De acordo com a afirmação de Tanizaki et al. (1992 apud ATSDR, 2007) a tendência do bário a adsorver-se em partículas em suspensão pode estar relacionada com a sua concentração e diferença entre os resultados obtidos após as filtrações em campo e laboratório, principalmente nas campanhas em que ocorreram períodos de precipitação.

Em análise do estudo realizado por Kemerich (2014), em amostras de solo de aterro sanitário, o elemento bário apresentou maior concentração em relação aos demais elementos analisados, e o resultado foi atribuído às cotas mais baixas do terreno, indicando relação com o fluxo superficial da água. Segundo Vázquez e Anta (2009) o bário é um metal alcalino terroso de ocorrência natural no solo.

As afirmações de Kemerich (2014) e Vázquez e Anta (2009) ressaltam a relação entre os sólidos sedimentáveis do presente estudo e o aumento do lixiviado nos períodos de intensa precipitação, que possivelmente contribuiu para a lixiviação

do solo e a contaminação do choroço, aumentando a concentração dos sólidos e a instabilidade durante as filtrações de campo e laboratório.

#### 4.7.4 Manganês

O resultado das análises para manganês, assim como o bário, evidenciam que 2% do total dos resultados obtidos na comparação entre as amostras filtradas em campo e em laboratório para obtenção das concentrações de bário, permaneceram acima de 20% em relação ao desvio padrão relativo entre os dois grupos.

A literatura narra que o manganês é liberado nas vias navegáveis principalmente pela erosão de rochas e solos, atividades de mineração e resíduos industriais, ou pela lixiviação de manganês de materiais antropogênicos descartados em aterros ou solo, como baterias de células secas (ATSDR, 2007).

A lixiviação dos solos durante os períodos de precipitação do presente estudo, possivelmente contribuíram para os resultados de manganês e as diferenças encontradas na análise de dispersão entre as amostras filtradas em campo e em laboratório, uma vez que segundo ATSDR (2007) a presença desse metal é comum em solo de aterros devido à deposição de resíduos provenientes de ação antropogênica.

O transporte e repartição do manganês na água é controlado pela solubilidade da forma química específica presente, que por sua vez é determinada pelo pH, potencial de oxirredução e as características dos ânions disponíveis. O metal pode existir na água em qualquer um dos quatro estados de oxidação, no entanto, Mn (II) predomina na maioria das águas (pH 4-7), mas pode se oxidar em condições alcalinas a pH > 8 (EPA, 1984).

A oxidação do manganês também pode ter sido uma influência para os resultados de dispersão avaliados, levando em consideração que a média do resultado de pH para as amostras de choroço foi de 8,2. A adsorção do metal nas paredes do frasco pode ter ocorrido, segundo relata Canadá (2016), mediante o contato do ar ambiente durante a coleta, transporte e manuseio das amostras a serem filtradas e acidificadas em laboratório.

Segundo CETESB (2011), a não preservação da amostra para análise de metais dissolvidos não garante a preservação dos analitos na amostra, podendo

ocasionar a reatividade dos compostos químicos e complexos, volatilidade ou precipitação dos constituintes, e/ou desencadear os efeitos da adsorção dos metais nas paredes do frasco.

O manganês é frequentemente transportado em rios como sedimentos em suspensão. Foi relatado que a maioria do manganês em um rio sul-americano veio de fontes industriais e foi ligado a partículas em suspensão na água (MALM et al, 1988 apud ATSDR, 2007).

As partículas em suspensão contendo manganês podem ter origem dos índices pluviométricos, uma vez que a lixiviação do solo para as valas de condução do chorume do aterro podem carrear os metais adsorvidos nas partículas para os sistemas de tratamento, conforme estudo realizado por Rigueti et al. (2015).

Essa afirmação pode ser reforçada no estudo realizado por Rigueti et al. (2015), no chorume do aterro sanitário de Dourados / MS, onde os elementos manganês, zinco e chumbo apresentaram maiores concentrações nos períodos chuvosos em relação aos demais elementos nos períodos de seca. Rigueti et al. (2015) concluiu que apenas o índice pluviométrico interferiu nas concentrações dos metais estudados, pois não foram observadas variações de pH e condutividade elétrica ao longo do experimento.

No mesmo estudo Rigueti et al. (2015) descreve que devido ao tempo de funcionamento do aterro, agravado pelo processo de recirculação, o chorume apresentou pH básico, o que favorece a precipitação e complexação de metais. Esse fato influencia na concentração dos metais no chorume e pode torná-la não representativa do montante que realmente há no aterro. O índice pluviométrico interfere na concentração dos metais no chorume, devido às suas diferenças de mobilidade e disponibilidade no material aterrado.

De acordo com o pH de 8,2 do chorume, verifica-se que a narrativa de Rigueti et al. (2015), refere-se a precipitação e complexação dos metais no chorume que confere diferenças de mobilidade devido à adsorção em materiais suspensos. A dificuldade de filtração em períodos chuvosos pode ter sido causa de contaminação cruzada pela saturação dos filtros, mediante a presença dos sólidos na amostra, configurando diferenças de resultados entre as amostras filtradas em campo e em laboratório.

#### 4.7.5 Zinco

Em comparação a análise dos demais elementos, os dados das análises para zinco evidenciam que 6% do total dos resultados obtidos na comparação entre as amostras filtradas em campo e laboratório, permaneceram acima de 20% em relação ao desvio padrão relativo da dispersão entre os grupos.

Parte desse resultado pode estar relacionada à sorção do zinco em sólidos suspensos. A literatura narra que a sorção é a reação dominante, resultando no enriquecimento de zinco em sedimentos suspensos e em leito (EPA 1979d apud ATSDR 2005b). O zinco em águas aeróbias é dividido em sedimentos por sorção de óxidos de ferro e manganês hidratados, minerais de argila e material orgânico.

Segundo Maia (2004), a matéria orgânica presente no solo do aterro sanitário é capaz de aumentar o potencial de atenuação e de migração de vários metais para esta matriz. Solos contendo alto teor de matéria orgânica tendem a ser ácidos, por causa da formação de ácidos orgânicos por biodegradação, fato que pode reduzir a atenuação de metais.

O estudo realizado em 2004 por Zanello (2006) evidenciou que os solos no entorno do aterro da Caximba, possuem valores de pH inferiores a 6, o que previne a precipitação dos metais na forma de hidróxidos, tornando-os mais móveis e suscetíveis à lixiviação. De acordo com McBride (1994), em solos ácidos o Zn apresenta mobilidade, pois está ligado eletrostaticamente em minerais de argila e na matéria orgânica.

As avaliações de Zanello (2006) e McBride (1994) sugerem que a lixiviação ocasionada nos períodos chuvosos no aterro, pode ter contribuído para a presença considerável do metal zinco no chorume, e conseqüentemente nas partículas sólidas filtradas em campo e laboratório, devido à contaminação das valas de condução e lagoas de tratamento do chorume.

O meio em que o zinco se encontra também pode influenciar em sua mobilidade, principalmente em meios tendenciosamente básicos, como no caso do chorume do presente estudo. ATSDR (2005b) descreve que a mobilidade relativa do zinco no solo é determinada pelos mesmos fatores que afetam o seu transporte em sistemas aquáticos (isto é, solubilidade do composto, pH e salinidade).

A tendência do zinco a sorver é afetada não apenas pela natureza e concentração do sorvente, mas também pelo pH e salinidade. No meio aquoso, o



zinco tende a sorver mais prontamente em um pH elevado ( $\text{pH} > 7$ ) do que em um pH baixo (EPA 1979d apud ATSDR 2005b). A sorção do zinco nas partículas sólidas, em parte, pode estar relacionada ao pH médio de 8,2 medido nas amostras de chorume, configurando um pH elevado.

No estudo realizado por Morquecho e Pitt (2005), diferentemente dos íons livres, a maior parte do zinco, cádmio e chumbo analisados estavam ligados a coloides ou matéria orgânica, e considerou-se que as formas iônicas podem ser mais facilmente removidas através da troca / sorção de íons, enquanto que os coloides podem ser mais difíceis de remover na ausência de adição química.

Diante da narrativa de Morquecho e Pitt (2005), pode-se dizer que a preservação química das amostras filtradas em campo e laboratório também pode influenciar na oxirredução do zinco, uma vez que o metal forma frequentemente complexo com uma variedade de ligas orgânicas e inorgânicas. Segundo Gundersen e Steinnes (2003), o zinco pode ser dissolvido com alterações nas condições da água (por exemplo, pH, oxirredução, especiação da solução) ou pode absorver-se para a matéria em suspensão.

As amostras que não foram preservadas em campo, permaneceram por mais tempo em contato com o ar, e devido à ausência do preservante possivelmente sofreram reações de oxirredução em contato com o ar ambiente. De forma semelhante, nos testes realizados por Werf (2003), os meios filtrantes sob condições aeróbicas e anaeróbicas mostraram que os metais não foram mobilizados em condições anaeróbicas.

A facilidade de sorção em meio ácido, mobilidade no solo lixiviado e fatores de oxirredução possivelmente influenciaram a dispersão dos resultados analíticos de zinco após as filtrações em campo e laboratório.

Em análise aos resultados de zinco observou-se que houve redução de aproximadamente 1 mg/L de zinco no ponto 5 em relação ao ponto 1. Segundo Cort et al. (2008) essa característica também foi verificada em seu estudo, onde ocorreu concentrações maiores de zinco no chorume bruto em relação ao chorume tratado. Ao comparar as amostras coletadas nos dois pontos (inicial e final) do tratamento, verificou-se que a remoção do zinco, pelo sistema de tratamento de chorume do aterro d Caximba, pode ser considerada boa, porém insatisfatória, devido a baixa redução da concentração em relação aos resultados dos demais metais dissolvidos.

Essa afirmativa pode ser reforçada pelo estudo realizado por Brito (2005), ao narrar que a remoção de metais pesados, pelo sistema de tratamento de chorume do aterro sanitário da Caximba, deve sofrer melhoria da qualidade, ao exemplificar que após o tratamento, o parâmetro zinco apresentou redução de 0,84; 0,77 e 0,71 mg/L no chorume para 0,26; 0,17 e 0,34 mg/L.

#### 4.8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A gestão de resíduos sólidos é uma forma de reduzir ou eliminar os impactos negativos sobre o meio ambiente e à saúde humana e apoia o desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida. Os processos envolvidos na gestão eficaz de resíduos para um município incluem o acompanhamento, a coleta, o transporte, o processamento, a reciclagem e a disposição.

Na região de Curitiba, o aterro da Caximba, desativado desde 2010, possui monitoramentos periódicos, que propiciou a visão econômica deste estudo, uma vez que os gastos com o monitoramento são relativamente altos. De acordo com a portaria IAP 259 de 2014 (BRASIL, 2014), há necessidade de avaliação dos metais no chorume tratado antes do lançamento em corpo hídrico.

A necessidade de avaliação do aterro em relação ao lançamento do chorume tratado na natureza, aliada a redução do tempo de amostragem e de custos permitiu a análise das amostras de chorume, considerando a alternativa da filtração em laboratório ser ambientalmente e financeiramente mais viável do que a filtração em campo.

A análise dos metais dissolvidos no chorume de aterro sanitário foi uma importante ferramenta de estudo para avaliação de dispersão entre as amostras, e possibilitou a avaliação da eficiência dos métodos aplicados em campo e laboratório.

Materiais flutuantes e poeiras, considerados como interferentes, apresentaram ausência na avaliação visual durante as campanhas de amostragem e não foram considerados como objeto de contaminação cruzada durante as filtrações de campo.

A análise de pH das amostras de chorume foram realizadas em todas as campanhas, tendo em vista que o pH afeta a especiação do metal na solução dependendo da sua concentração.

As amostras filtradas em campo foram preservadas com HNO<sub>3</sub> concentrado, o que possivelmente preveniu à inibição da depreciação do metal. Em contrapartida, as amostras filtradas em laboratório permaneceram por períodos maiores sem o preservante, e podem ter sofrido processos oxidativos da matéria orgânica. Esse processo, segundo Canadá (2016), pode promover a aderência do metal nas paredes dos frascos e diminuir a concentração de metais dissolvidos das amostras filtradas em laboratório.

Em determinadas campanhas observou-se a influência da chuva pela lixiviação do solo mediante a alta carga de sólidos nas amostras. A implantação de sistemas de contenção dessas partículas antes do lançamento para tratamento, pode garantir melhores resultados para análise de metais dissolvidos, mediante a possibilidade de absorção de metais nas partículas de sólidos em suspensão que ficam retidas durante os processos de filtração.

O uso de um pré-filtro durante as filtrações de campo e laboratório, contendo poro superior a 0,45 µm, a fim de reter as partículas de maior diâmetro, também pode diminuir o risco de saturação dos filtros ou rompimento das membranas.

As amostras que não preservadas em campo, para posterior filtração, apresentaram resultados superiores após a acidificação em laboratório. Segundo estudo realizado por Gonçalves (2008) essa característica evidencia a filtração e acidificação das amostras logo após a chegada em laboratório, para que não haja contato prolongado com o ar, evitando a precipitação dos metais por oxidação.

As amostras com índice de DPR acima de 20% foram submetidas à ampliação do limite de quantificação, e mediante a comparação do limite de 35%, foram qualificadas como aceitáveis, conforme determinações do USEPA (2014).

A análise dos dados evidencia que essa característica foi pontual e que as diferenças de dispersão entre as amostras filtradas em campo e em laboratório ficaram abaixo dos limites de qualidade para o DPR, configurando resultados aceitáveis nas duas metodologias.

#### 4.8.1 Avaliação dos custos

Tendo em vista os fatores econômicos gastos com a destinação dos resíduos e o monitoramento do aterro da Caximba, compete também a este estudo evidenciar os gastos com a filtração de metais dissolvidos e propor a redução de materiais, visando à economia de recursos e o efetivo monitoramento dos metais dissolvidos nos processos de tratamento do chorume.

A filtração em campo geralmente diminui a quantidade de amostras que devem ser transportadas de volta para o laboratório, havendo também economia de tempo já que as mesmas passaram pelo processo de filtração e estão prontas para a análise. Porém, em condições controladas dentro do laboratório e sem a presença de interferentes, garante-se maior confiabilidade em relação a possíveis contaminações cruzadas e segundo os resultados apresentados mantém-se o padrão de qualidade equivalente às amostras filtradas em campo.

Outra vantagem do sistema de filtração em laboratório é a reutilização de materiais, pois, utiliza-se apenas a membrana filtrante como item descartável, já para as filtrações em campo, todos os itens que compõem o sistema de filtração devem ser descartados após o uso. A TABELA 3 apresenta os custos médios praticados para cada conjunto de acessórios, utilizados na filtração de uma amostra, e a diferença em valores que cada item possui.

TABELA 3 - VALOR MÉDIO DOS ACESSÓRIOS PARA AS FILTRAÇÕES EM CAMPO E LABORATÓRIO POR AMOSTRA

SISTEMA	ITEM	VALOR UNITÁRIO MÉDIO (R\$)	TOTAL (R\$)
FILTRAÇÃO EM CAMPO	Sistema de filtração <i>filter mate</i> , com poro de 0,45 µm, PTFE.	5,80	6,80
	Tubo de digestão em polipropileno, 50 mL, com tampa.	1,00	
FILTRAÇÃO EM LABORATÓRIO	Membrana filtrante de acetato de celulose, com poro de 0,45 µm, 47 mm de diâmetro.	2,32	2,32

FONTE: O autor (2016).

Analisando os valores médios de cada sistema, constata-se que há uma economia significativa de 65% dos custos praticados para as filtrações em laboratório, em relação ao campo. O que pode ser uma grande diferença quando há necessidade de monitoramento com elevado número de amostras. Neste quesito, referente aos custos, a filtração das amostras em laboratório é financeiramente mais viável em relação ao campo, e ecologicamente correta por possuir menor geração de resíduos, diminuindo o consumo de recursos naturais não renováveis.

O valor cobrado para a análise de apenas um metal dissolvido, é em média R\$ 23,00, segundo dados internos do Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente e Química. Nos casos em que a filtração para análise desse elemento ocorra em laboratório, o valor cobrado por análise poderá ser de R\$ 18,00, contando com a diferença de valor cobrada pelo sistema de filtração em campo.

Este estudo compreendeu 896 análises, e configurou um gasto médio de R\$ 20.608,00 em consideração a análise dos custos citada acima, se as amostras fossem filtradas somente em laboratório, haveria um gasto médio de R\$ 16.128,00.

Segundo estudos do IFC (2015), o município de Curitiba gasta em média 6 milhões de reais por ano com o monitoramento do aterro da Caximba, e parte desse montante refere-se à análise dos metais que são realizadas mensalmente. A economia obtida com as análises filtradas em laboratório, neste caso, poderia ser revertida para outros programas do município ou em prol da própria coleta dos resíduos sólidos urbanos, além de projetos sociais ligados a comunidade instalada no entorno do aterro.

#### 4.8.2 Avaliação ecológica

Os dados apresentados, e comparados com a legislação ambiental vigente, evidenciaram baixas concentrações de metais dissolvidos nas amostras de chorume tratado, permanecendo abaixo dos limites determinados pela portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014). Levando em consideração o efeito cumulativo e tóxico dos metais no organismo humano e nos ambientes aquáticos segundo Zacharias (2013), mesmo em concentrações baixas, deve haver cuidado no descarte de chorume tratado diretamente em corpos hídricos

Em relação ao uso de materiais descartáveis para a filtração em campo, a preocupação em relação ao uso de recursos naturais não renováveis, conforme

descrito por Piatti e Rodrigues (2005), confere maior destaque, uma vez que a falta de legislação que obrigue ou incentive a volta desses materiais às indústrias de fabricação de polímeros, por meio de logística reversa, é evidente.

Diante do exposto verifica-se que para se viver um cotidiano de forma coerente com os ideais de uma sociedade sustentável e democrática, deve-se, segundo Donaire (2012) através da sustentabilidade construtiva, repensar o modo de vida atual propondo ações concretas visando à preservação ambiental e de recursos, bem como a geração de resíduos destinados aos aterros sanitários.

Vale lembrar que após o uso, os filtros usados não são passíveis de reutilização e devem ser descartados. Essa característica pode aumentar a quantidade de resíduos gerados pelas filtrações, e é um dos pontos negativos para ambas as filtrações (campo e laboratório).

Segundo Schlip e Schwalm (2014) o PTFE não é processado utilizando métodos tradicionais termoplásticos tais como moldagem por injeção ou extrusão, mas predominantemente utiliza-se um método de sinterização por pressão complexa, seguido por um processo de usinagem para produzir a geometria final da peça, o que confere uma grande geração de resíduos durante a produção e o preço relativamente elevado do polímero.

O conjunto que acopla o filtro, utilizado para filtragens em campo, é composto de polipropileno. Segundo Araújo (2010) o polipropileno (PP) é um termoplástico, semicristalino, pertencente ao grupo das poleolefinas. Apresenta resistência excepcional às rupturas por flexão e fadiga, resistência química e ótimas propriedades elétricas.

Em análise de versatilidade e baixo custo, o polipropileno tem sido usado em diversos ramos da indústria. Segundo Machado (2002), esses são aspectos importantes que propiciam o emprego deste polímero e o consequente interesse por desenvolvimento de pesquisas com este material (MACHADO, 2002).

Após o uso, o conjunto de filtração utilizado em campo deve ser descartado, diferentemente do conjunto utilizado para filtração em laboratório, que pode ser reutilizado mediante devida limpeza. A reciclagem pode ser considerada uma das opções para os materiais descartados, uma vez que seu processo de decomposição natural é longo e crítico ao equilíbrio ecológico (PIVA e WIEBECK, 2004).

No entanto segundo Piatti e Rodrigues (2005) as matérias-primas utilizadas na síntese dos polímeros como o polipropileno, são provenientes essencialmente do

petróleo e gás natural, de grande consumo e com reservas limitadas. A preservação de recursos naturais pode ocorrer mediante a redução do uso de materiais compostos de polímeros.

A inviabilidade do uso de polímeros é uma das características negativas da filtração em campo, pois a metodologia não reutiliza os materiais usados na filtração de amostras, compreendendo o aumento de materiais descartáveis. Segundo Silva e Moita Neto (2011), grande parte dos plásticos transformados pela indústria são destinados ao setor de embalagens em geral, ou seja, produtos de baixo tempo de ciclo de vida e, portanto, de grande descartabilidade, configurando uma das principais preocupações ambientais da sociedade moderna.

Piva e Wiebeck (2004) destacam ainda que a geração de resíduos sólidos pela indústria de plástico apresenta três aspectos que devem ser considerados: volume crescente, complexidade do resíduo, resultando em resíduos sintéticos nem sempre biodegradáveis ou assimiláveis pelo meio ambiente e poluição visual ou “lixo visual”, causado pelo crescente volume de resíduos plásticos e consequente desvalorização da área onde os mesmos são depositados.

Entretanto, segundo Piatti e Rodrigues (2005) a opção de não utilizar as matérias plásticas é considerada inviável por muitos especialistas, que afirmam que a substituição destes por outros materiais tais como papel, madeira, vidro e metais, implicaria o aumento de volume e peso do lixo, e o consequente aumento dos custos com coleta e tratamento.

Uma das alternativas para o uso dos polímeros é apontada por Pilatti e Rodrigues (2005), ao narrar que ecologistas têm apresentado argumentos bastante convincentes de que a redução no consumo e reutilização de materiais é uma exigência cada vez maior das sociedades modernas que aspiram a um crescimento racional, baseado no chamado desenvolvimento sustentável.

De acordo com as considerações, verifica-se que em relação às questões ecologicamente corretas, a opção de filtração em laboratório é mais viável que a filtração em campo, uma vez que compreende a reutilização dos materiais sem que haja descarte de resíduos.

#### 4.8.3 Limites definidos pela portaria IAP nº 259 de 2014

Segundo Nogueira (2015) o aparato jurídico de que dispõe a legislação ambiental brasileira é fundamental para a preservação de nossos recursos naturais. O desenvolvimento da legislação ambiental brasileira acompanha a crescente importância com que o tema meio ambiente vem sendo compreendido pela sociedade ao longo das últimas décadas.

Em relação ao disposto por Nogueira (2015), foi criada pelo estado do Paraná a portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), que aprova e estabelece os critérios e exigências para a apresentação do automonitoramento ambiental de aterros sanitários no Paraná e determina seu cumprimento.

O Sistema de Automonitoramento de que trata o caput do artigo 1º da portaria, consiste no controle e acompanhamento periódico, referente à operação do aterro, suas estruturas, águas subterrâneas e sistemas de tratamento de efluentes líquidos (chorume), através de coleta, medição e análise do efluente final (tratado), das águas subterrâneas e do corpo receptor, a montante e a jusante.

Segundo o § 2º, da portaria, os parâmetros, limites máximos permitidos e frequência para monitoramento do chorume tratado, das águas superficiais e das águas subterrâneas deverão atender ao estabelecido no programa disponibilizado no site do IAP, e na legislação vigente, conforme QUADRO 25.

O QUADRO 25 também apresenta a comparação entre os resultados médios obtidos na análise das amostras de chorume no ponto 7 (*Wetland 3* – tratamento final) e os limites definidos pelo programa disponibilizado pelo IAP na análise completa para metais, definidos como limites legais para o lançamento do chorume tratado em corpo hídrico.



QUADRO 25 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO E A PORTARIA IAP Nº 259 DE 2014

METAIS	FILTRAÇÃO EM CAMPO (mg/L)	FILTRAÇÃO EM LABORATÓRIO (mg/L)	VALORES LEGAIS (mg/L)
Arsênio total (As)	<0,1	<0,1	0,50
Bário total (Ba)	<0,1	<0,1	5,00
Boro total (B)	<0,1	<0,1	5,00
Cádmio total (Cd)	<0,01	<0,01	0,20
Chumbo total (Pb)	<0,01	<0,01	0,50
Cobre dissolvido (Cu)	<0,05	<0,05	1,00
Cromo hexavalente (Cr+6)	<0,01	<0,01	0,10
Cromo trivalente (Cr+3)	<0,01	<0,01	1,00
Estanho total (Sn)	<0,1	<0,1	4,00
<b>Ferro dissolvido (Fe)</b>	<b>0,30</b>	<b>0,31</b>	<b>15,00</b>
<b>Manganês dissolvido (Mn)</b>	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	<b>1,00</b>
Mercúrio total (Hg)	<0,01	<0,01	0,01
Níquel total (Ni)	<0,01	<0,01	2,00
Prata total (Ag)	<0,01	<0,01	0,10
Selênio total (Se)	<0,1	<0,1	0,30
Zinco total (Zn)	<0,05	<0,05	5,00

FONTE: o autor (2016)

Os metais ferro e manganês possuem concentrações maiores que o limite de quantificação do ICP/OES, permitindo a comparação real dos resultados em relação aos limites legais estabelecidos pela portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014).

Os demais resultados permaneceram abaixo do limite de quantificação do método analítico e conseqüentemente atendem aos limites estabelecidos pela portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), porém suas concentrações reais não foram quantificadas.

Em análise geral do QUADRO 25, verifica-se que os metais legalmente estabelecidos na portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014), apresentaram resultados satisfatórios em relação ao limite para lançamento em corpo hídrico, em todas as campanhas do presente estudo. E configuram eficiência no tratamento do chorume em relação aos metais apresentados.

De acordo com Nogueira (2015) o não tratamento adequado do chorume pode resultar na contaminação do corpo receptor privando a sociedade do entorno de uma importante fonte de água para consumo. A legislação brasileira bem como a conscientização do cidadão brasileiro pode ser utilizada como importantes mecanismos de salvaguarda ambiental, em especial de nossos recursos hídricos.

Em suma, os metais dissolvidos Al, Cr, B, Fe, Ba, Mn, Ni e Zn, possivelmente não representaram persistência ao serem lançados em corpo receptor, uma vez que permaneceram abaixo do limite estabelecido para lançamento pela Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011b) e portaria IAP nº 259 de 2014 (BRASIL, 2014).

## 5 CONCLUSÃO

A filtração em campo e laboratório foi realizada segundo normas técnicas vigentes e possibilitou a geração de dados suficientes para avaliação de dispersão entre os resultados, bem como a avaliação positiva da filtração em laboratório, no que diz respeito aos custos, reutilização de materiais, economia de tempo e equivalência em relação à filtração no campo.

A correta aplicação dos métodos utilizados, em campo e laboratório, e o uso de medidas para garantia da qualidade, mantiveram a confiabilidade dos resultados e foram essenciais para a manutenção da integridade das amostras desde a coleta até a chegada ao laboratório.

As ferramentas de análise de dispersão, teste F (*Snedecor*), teste t-*Student* e Desvio Padrão Relativo, comprovaram a eficiência dos métodos aplicados em campo e laboratório, por meio da comparação dos dados com valores tabelados, e foram capazes de evidenciar a homogeneidade de variâncias e a igualdade das médias em relação à população.

A filtração em laboratório, para análise dos metais dissolvidos alumínio, cromo, boro, ferro, bário, manganês, níquel e zinco presentes no chorume de aterro sanitário compreendeu eficaz homogeneidade de resultados, para fins gestão e monitoramento ambiental.

A metodologia de filtração em laboratório além de economicamente mais viável e ecologicamente correta, poderá ser realizada em substituição a filtração em campo, com garantia de que a característica dos analitos permanecerá estável durante todo o processo de monitoramento.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Ministério da Saúde, Brasil. RE 899/2003. "**Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos**" Resolução - RE nº 899, 29 mai. 2003.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for chromium.** 2000. Disponível em: < <http://goo.gl/BZt3uf> >. Acesso em: 09 set. 2015.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for nickel.** 2005a. Disponível em: < <http://goo.gl/lyD0J3>>. Acesso em: 11 set. 2015.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for zinc.** 2005b. Disponível em: <<https://goo.gl/sbHtbF>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for barium and barium compounds.** 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/anAEfX>>. Acesso em: 10 set. 2015.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for aluminum.** 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/HD3XZH> >. Acesso em: 09 set. 2015.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for boron.** 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/lldxJo>>. Acesso em: 09 set. 2015.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for manganese.** 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/PF79lw>>. Acesso em: 11 set. 2015.

ALOTHMAN, Z.A; UNSAL, Y.E; HABILA, M; TUZEN, M; SOYLAK, M. **A membrane filtration procedure for the enrichment, separation, and flameatomic absorption spectrometric determinations of some metals in water, hair,urine, and fish samples.** Journal Desalination and Water Treatment, v.53, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/F6liVU>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

ALVARENGA, G. **Nutrição: a importância dos nutrientes para uma vida saudável.** 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/dAt7jZ>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

ALVES, A. K. **Proposta de manual técnico de medidas preventivas e corretivas para aterros sanitários encerrados.** 2010. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 1020 – Quality Control**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012a.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 2110 – Appearance**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012b.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 2540 – Solids**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012c.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 2250 B – Laboratory and field methods**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012d.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 3010 B – Sampling and sample preservation**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012e.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 3020 B – Quality control practices**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012f.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 3030 B – Filtration for dissolved and suspended metals**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012g.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 3030 G – Nitric Acid-Sulfuric Acid Digestion**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012h.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 3030 H – Nitric and Perchloric Acid Digestion**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012i.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 3125 – Metals by Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012j.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. **Method 4500 H+B – Electrometric Method**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012k.

AMORIM, F. A. C.; WELS, B.; COSTA, A. C. S.; LEPRI, L. G.; VALE, M. G. R.; FERREIRA, S. L. C. **Determination of vanadium in petroleum and petroleum products using atomic spectrometry techniques**. Review, Talanta, p. 349-359, 2007.

ANALÍTICA (ORG.) **Membranas filtrantes**. Disponível em: <<http://goo.gl/p68S0o>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

ANDIA, J. P. M. **Remoção de boro de águas e efluentes de petróleo por adsorção**. 2009. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e de Materiais, Departamento de Engenharia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico: Elaboração de trabalhos acadêmicos**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

ANDRÉ, M. **Pesquisa Qualitativa**. São Paulo: Cortez, 2006.

ANDREOLI, C. V. **Gestão empresarial**. Curitiba: FAE Business School, 2012.

ARAÚJO, J. F. **Estudo de propriedades mecânicas do polipropileno moldado por injeção em insertos de resinas**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Manaus, 2010.

ASSIS, M. R. Gestão Ambiental & Sustentabilidade. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 7., 2016, Rio de Janeiro. **Planejamento, população e meio ambiente: proposta do uso de indicadores de impacto ambiental no planejamento urbano da região do banhado em são josé dos campos, SP**. Rio de Janeiro: 2016. p. 1 - 16.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8419: Apresentação de projeto de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8849: Apresentação de Projetos de Aterros Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos – Classificação**. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **O alumínio no meio ambiente**. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/aewwaM>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; NÓBREGA, C. C.; GADELHA, C. L. M.; SOUZA, I. M. F.; FAGUNDES, G. S. **Efeito do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade de água subterrânea local**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 142-155, 2009.

BAETTY, R. **The elements: Manganese**. New York: Marshal Cavendish Corp., 2004, 32 p.

BAIRD, C., **Química Ambiental**. 2 ed. Bookman. Porto Alegre, 2002.

BARBIERI, J. C. **Competividade Internacional e Normalização Ambiental**. In Anais IV Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, nov. 1997.

BARROS, M. J. G. **Utilização de wetlands no tratamento de lixiviado de aterros sanitários**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

BARROS, M. A. S. D. **O Elemento Cromo e Suas Características**. Disponível em: <<http://goo.gl/bmeoDO>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

BASTOS, M. F. C. **A neurotoxicidade do alumínio e sistemas neuronais de fosforilação**. 2007. Tese (Doutorado) - Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007.

BATES, R.G.; GUGGENHEIM, E.A.. **A Report on the Standardization of pH and Related Terminology**. Pure Appl. Chem. vol. 1, p. 163, 1960.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. São Paulo, 2011. 275p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

BOETCHER, M. L. **Cromo: Aspectos Toxicológicos e Ocupacionais**. 2008. Trabalho de Graduação (Ciências Farmacêuticas), Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2008.

BORSOI, Zilda Maria F.; TORRES, Solange D. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

BOTTURA, J. A. **Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento**. 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/NJvIRP>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Conselho nacional de meio ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.** Brasília, Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), 1990.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Conselho nacional de meio ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Brasília, Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), 2005.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 10 fev. 2017.

BRASIL. Ministério da saúde. **Portaria nº 2914**, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2011a.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Conselho nacional de meio ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do conselho nacional do meio ambiente, CONAMA.** Brasília, Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), 2011b.

BRASIL. Portaria IAP nº 259, de 26 de novembro de 2014. **Prova e estabelece os critérios e exigências para a apresentação do automonitoramento ambiental de aterros sanitários no paraná e determina seu cumprimento.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2014.

BRITO FILHO, C.; CHERNICARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; NOUR, E. A.; ANDREOLI, F. D. N.; SOUZA, MONTEGGIA, L. O.; VON SPERLING, M.; FILHO, M. L.; AISSE, M. M.; FIGUEIREDO, R. F.; STEFANUTTI, R. Tecnologia de tratamento de águas residuárias no solo: infiltração rápida, irrigações e escoamento superficial. In: CAMPOS, J. R. (coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** PROSAB. Rio de Janeiro, p. 365 – 387, 1999.

BRITO, I. A. **Estudo de caso do aterro sanitário da Caximba.** 2005. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BRITO, N. N.; PELEGRINI, R. T.; PATERNIANI, J. E. S. Filtração lenta no tratamento de percolado de aterro sanitário. **Revista Minerva**, v. 4, n.1, p. 85-93, 2007.

CALLI, B.; MERTOGLU, B.; INANC, B. Landfill leachate management in Istanbul: applications and alternatives. **Chemosphere**. v. 59 p. 819 - 829, 2005.



CANADÁ. Ministério do meio ambiente. Conselho canadense de meio ambiente, CCME. **Manual de orientação para site ambiental: Caracterização de apoio ambiental e avaliação de risco à saúde humana**. Volume 4: Métodos analíticos, 2016.

CANÇADO, R. D. Sobrecarga e quelação de ferro na anemia falciforme. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 29, n. 3, p. 316-326, jul./set. 2007.

CARELLI, M. N. **Gestão ambiental na empresa: bases epistemológicas**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CARNIEL, C. G. **Gestão Ambiental & Sustentabilidade**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 7., 2016, Rio de Janeiro. **Gestão Ambiental: A importância da conscientização da responsabilidade ambiental como balizador do consumo**. Rio de Janeiro: LATEC/UFF, 2016. p. 1 - 11.

CARVALHO, C. E. V.; FARIA, V. V.; CAVALCANTE, M. P. O.; GOMES, M. P.; REZENDE, C. E. **Heavy Metal distribution in bentonic coastal fish from Macaé Region, R.J., Brazil**. *Ecotoxicology and Environmental Restoration*, v. 3, n. 2, p. 64-68, 2000.

CARVALHO, P. S. L.; SILVA M. M.; ROCIO M. A. R.; MOSZKOWICZ J. **Minério de Ferro**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/RAqA8U>>. Acesso em: 19 set. 2015.

CAVALCANTI, P. P. S. **Gestão ambiental na indústria siderúrgica: Aspectos relacionados às emissões atmosféricas**. 2012. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Escola Técnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CAVASSA, A. S. P. **Ferro: Da explosão de supernovas ao aço e hemoglobina**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/LpyR9M>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública**. 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/6inRPC>>. Acesso em: 01 maio 2016.

CHASIN, A.A.M.; AZEVEDO, F.A. **Intoxicação e avaliação da toxicidade**. p. 127-165. In: Azevedo, F.A.; Chasin, A.A.M. (Coord.). 2003. *As bases toxicológicas da ecotoxicologia*. 1ª ed. São Paulo: Rima. 2003. 322 p.

CHEIS, D. **Os danos que o Cromo Hexavalente pode causar à saúde**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/l13s2c>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. Série de relatórios CETESB. Apêndice A, São Paulo, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. São Paulo, 2011. 326p. Disponível em: <<http://goo.gl/RyHYec>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Alumínio**. 2012a. Disponível em: <<http://goo.gl/lwrdSz>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Bário**. Ficha de Informação Toxicológica (FIT) - Elaborada pela divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, São Paulo, 2012b. Disponível em: <<http://goo.gl/m9cnSz>>. Acesso em: 10 out. 2015.

CORT, E. P. D.; ALBERTI, V.; ROTTA, M.; BECEGATO, V.; MACHADO, W. C. P.; ONOFRE, S. B. **Níveis de metais pesados presentes no chorume produzido em aterros sanitários da região sudoeste do Paraná**. Geoambiente, Jataí, n. 11, p. 103-116, 2008.

COSTA, F. C.; RODRIGUES, F. S. M.; FONTOURA, G. T.; CAMPOS, J. C.; SANTANA J. R.; DEZZOTI, M. **Tratamento do efluente de uma indústria química pelo processo de lodos ativados convencional e combinado com carvão ativado**. Engenharia Sanitária e Ambiental. V. 8, (4), p.274-284, 2003.

CORPORAÇÃO FINANCEIRA INTERNACIONAL (IFC) (Curitiba) (Org.). **Gestão de Resíduos Sólidos de Curitiba**: Brochura do Projeto. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/rFr7UA>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

CRISTOFIDIS, D. **Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: CDS – UNB, 2014.

CSUROS, M.; CSUROS, C. **Environmental sampling and analysis for metals**. United States of America: Lewis Publishers, 2002. 353 p.

CURITIBA. Prefeitura de Curitiba. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Limpeza Pública**. Disponível em: <[goo.gl/IJq8j1](http://goo.gl/IJq8j1)>. Acesso em: 01 out. 2016.

DIAS, T. **Membranas: Meio filtrante de tecnologia avançada**. 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/l15nhE>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2013.

DOMENEGUETTI, Gustavo. **A expressão da incerteza de medição em ensaios mecânicos: ISO GUM e Monte Carlo aplicados no ensaio de tração**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Tupy, Joinville, 2011.

DONAIRE, Denis. **Sustentabilidade construtiva**. São Paulo: Atlas, 2012.

DZUMAN, M. J. ESTRE AMBIENTAL S/A – CAVO (Org.). **Fluxograma ETE Caximba**. Curitiba, 2016a. 1p.

DZUMAN, M. J. ESTRE AMBIENTAL S/A – CAVO (Org.). **Vazão de entrada e saída do tratamento de chorume**. Curitiba, 2016b.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 1984. **Health assessment document for manganese**. Final draft. Cincinnati, OH: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development.

EPELBAUM, M. **Sistemas de gestão ambiental ISO 14000: mudando a postura reativa**. In Anais VII Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, nov. 2013.

ESPÓSITO, B. P. **Ferro: um metal que vale ouro**. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/ZZCMLe>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

FALQUETO, M. A. **Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e nos sedimentos do Rio Corumbataí - SP**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FÉLIX, A. M. T. **Fichas Toxicológicas**. Departamento de Saúde Pública e Planejamento. Disponível em: <<http://goo.gl/uS2KgR>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

FERREIRA, A. C. S. **Custos ambientais: uma visão de sistema de informações**. In: SEMINÁRIO DE CONTABILIDADE AMBIENTAL, 1., Bahia. Universidade Livre da Mata Atlântica, 2001.

FERREIRA, Tadeu. **Temas contábeis em destaque - Passivo ambiental**. São Paulo: Atlas, 2014.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/Bx4ICn>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

FIORILLO, C. A. P.; RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental e Patrimônio Genético**. Belo Horizonte: Del Rey, 2014.

FISBERG, M. **Ferro**. 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/Hib73Y>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

FLORA, S. J. S.; PACHAURI, V. Chelation in Metal Intoxication. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [s.l.], v. 7, n. 12, p.2745-2788, 28 jun. 2010.

FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana**. João Pessoa: Ed. JRC, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Statistical databases**. 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/radroh>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

FOOD INGREDIENTS BRASIL (FIB). **Dossiê: Os minerais na alimentação.** Disponível em: <<http://goo.gl/kzNCbM>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

FORD, M.D; KATHLEEN D.A.; LING L.J., ERICKSON T. **Clinical Toxicology.** 1 ed. P. 747-8. 2001.

G1 PARANÁ (Paraná). Rede Paranaense de Comunicação (RPC) de Curitiba (Org.). **Moradores sentem reflexo do lixo, 6 anos após fechamento da Caximba.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/JtRaRL>>. Acesso em: 21 dez. 2016.

GONÇALVES, C.; SILVERIO, P.F.; YANOMOTO, C.R.; RODRIGUES, G.M.A. **Análise de metais dissolvidos em águas: uma comparação entre filtração em campo X filtração em laboratório.** In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

GOOGLE. **Google Earth.** Version 7.1.7.2606. 2016. Digital Globe. Disponível em: <<http://goo.gl/uLNQb>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

GROUP, E. **Toxic Metal: The Health Dangers of Barium.** 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/5WMe3O>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

GUNDERSEN, P.; STEINNES, E. Influence of pH and TOC concentration on Cu, Zn, Cd, and Al speciation in rivers. **Water Research**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.307-318, jan. 2003.

HALL, G. E. M.; BONHAM-CARTER, G.F; HOROWITZ, A. J.; LUM, K.; LEMIEUX, C.; QUEMERAIS; B. **The effect of using different 0,45 pm filter membranes on 'dissolved' element concentrations in natural Waters.** Applied Geochemistry, v. 11, n. 1-2, p. 243-249. 1996.

HEPBURN, D. D.; VICENT, J. B. **Tissue and Subcellular Distribution of Chromium Picolinate with Time After Entering the Bloodstream.** Journal of Inorganic Biochemistry. V. 94, p. 86. 2003.

HESPANHOL, K. M. H. **Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do ribeirão Morangueiro.** 2009. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento Básico: uma visão realista.** São Paulo: Atlas, 2012.

HYPÓLITO, R.; EZAKI, S. **Íons de metais pesados em sistema solo-lixo-chorume-água de aterros sanitários da região metropolitana de São Paulo.** Águas Subterrâneas, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 99-114, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM). Terceira edição brasileira em língua portuguesa.** Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003. 120 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Orientação sobre validação de métodos analíticos**. DOQ-CGCRE-008 Revisão 02, Jun. 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/rdfnPL>> Acesso em: 12 Dez. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Orientação sobre validação de métodos analíticos**. DOQ-CGCRE-008 Revisão 04, Jul. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/kjBdS>> Acesso em: 12 Dez. 2016.

INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS (ICZ). **O zinco e a indústria**. Disponível em: <http://www.icz.org.br/zinco-industria.php>. Acesso em: 04 fev. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

INSTITUTO SENAI DE TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE E QUÍMICA (IST). Laboratórios Ambientais - CIC (Org.). **PESP 036/02 – Ensaio por ICP/OES**. Curitiba, 2015. 6 p.

IWAI, C. K. **Tratamento de chorume através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos**. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/8CWKyl>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estudos Avançados, v.25,p. 135 – 158, 2011.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. **Distribuição de metais pesados em sedimentos do Sistema Estuário da ilha de Vitória – E.S. Espírito Santo**. Química Nova, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

JESUS, C. A. G. **Ferro/Aço**. 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/fE81Xv>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

KANSAS DEPARTMENT OF HEALTH & ENVIRONMENT (KDHE). **Filtering water samples collected for metal analysis**. 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/UaeEJd>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

KASHEM, M. A.; SINGH, B. R.; KAWAI, S. Mobility and distribution of cadmium, nickel and zinc in contaminated soil profiles from Bangladesh. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.77, n.2, p.187-198, 2007.

KASPER, D.; FOSBERG B. R.; ALMEIDA R.; BASTOS, W. R.; MALM, O. **Metodologias de coleta, preservação e armazenamento de amostras de água para análise de mercúrio: uma revisão**. 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/YNfc9e>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

KAUR, K.; GUPTA, R.; SARAF, S. A.; SARAF, S. K. **Zinc: The Metal of Life**. 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/W6V7CS>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

KEMERICH, P. D. C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; GERHARDT, A. E. , FLORES, B. A.; RODRIGUES, A. C.; BARROS, G. Caracterização do solo em área submetida a derramamento de lixiviado decorrente de aterro sanitário. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - Ufsm: Revista Monografias Ambientais - REMOA**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p.2950-2959, fev. 2014. Edição Especial Fevereiro.

KRAEMER, M. E. P. **Indicadores ambientais como sistema de informação contábil**. 2004. São Paulo: Atlas, 2014.

KRUGEL, Flávia Friedrich. **Estudo da concentração do percolado de aterro industrial por evaporação visando à redução da carga poluidora**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KURSCHEIDT, E. C. S. **Avaliação da fitorremediação como alternativa de pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário utilizando macrófitas**. 2011. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LANZA, V. C. V.; CARVALHO, A. L. **Orientações básicas para operação de aterros sanitários**. 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/XJzRh4>>. Acesso em: 20 set. 2016.

LAUNTENSCHLAGER, Sandro Rogério. **Modelagem do desempenho de wetlands construídas**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. **Partição de metais pesados em águas superficiais impactadas por mineração - Minas do Camaquã, RS**. 1998. Disponível em: <<http://goo.gl/NZ1bG7>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

LEAL, M. S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro, CPRM, 2013.

LEITE, M. A. **Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do reservatório de Salto Grande, Americana - SP**. 2002. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

LEITE, C. M. B.; BERNARDES, R. S.; OLIVEIRA, S. A. Método Walkey-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 8, n.1. p. 111-115, nov./dez. 2004.

LEITE, M. S. B.; BARROS, F. M.; SILVA, D. P.; JESUS, F. W. A.; CARVALHO, S. R. **Coleta de Água: Amostragem em ambientes lóticos**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/XdScrm>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

LESTER, J. N. **Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes**. Vol. I. Sources, analysis, and legislation. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1987.

LIMA, A.M.F. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil – Inserção de Perspectivas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2007.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. **Metais pesados no ensino de química**. 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/QqrTT9>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

LINS, E.A.M.; LIMA, M.A.G.A.; ARAÚJO, J.M.; JUCÁ, J.F.T . **Monitoramento de Lagoas de Estabilização no Tratamento de Chorume – Aterro da Muribeca**. In: ANAIS DO VIGÉSIMO TERCEIRO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Mato Grosso do Sul: Campo Grande, 2005.

LINS, G. A. **Impactos ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)**. 2010. 285 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LOUREIRO, S. M. **Índice de qualidade no sistema da gestão ambiental em aterros de resíduos sólidos urbanos - IQS**. 2005. 489 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LUNET, N.; SEVERO, M.; BARROS, H. Desvio padrão ou erro padrão. **Arq Med**, Porto, v. 20, n. 1-2, p. 55-59. 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/ufUp5D>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

LUZ, A. B.; BALTAR, C. A. M. **Barita**. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/Mkpb9>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

MACHADO, G. **Estudo da morfologia e cristalinidade em polipropileno isostático submetido à deformação uniaxial em temperatura ambiente**. 2004. 199 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciências dos Materiais – PGCIMAT, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

MAIA, A. D. **Avaliação da geração de drenagem ácida em um solo fabricado em laboratório contendo sulfeto de ferro e matéria orgânica**. 2004. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

MARQUES, R. F. P. V. **Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MCBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soil**. 1 ed. New York: Oxford University Press, 1994. 341 p.

MEDEIROS, M. A. **Zinco**. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/Eu2Y9x>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

MENDES, J. C. **Caracterização dos efluentes líquidos, em termo de ecotoxicidade, gerados na disposição de RSU nos aterros do entorno de Criciúma - SC**. 2004. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2004.

MILANI, I. C. B. **Determinação polarográfica de metais em ambientes do sistema Patos-Mirins**. 2004. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, p.147, 2004.

MONTEIRO, V. E. D.; JUCÁ, J. F. T.; RÊGO, C. C. **Influência das condições climáticas no comportamento do aterro sanitário de resíduos sólidos de Muribeca**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. Anais... Paraíba: ABES, 2001. 12p.

MORAIS, J. L. de. **Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados, isolados e integrados com processos biológicos tradicionais, para tratamento de chorume de aterro sanitário**. 2005. 207 f. Tese (Doutorado em Química) – Curso de Pós Graduação em Química, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MORAIS, J. L.; SIRTORI, C., PERALTA-ZAMORA, P. G. **Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biologico convencional**. Química Nova, v. 29, p. 20-23. 2006.

MORAWSKA, L.; SALTHAMMER, T. (2004), **Indoor Environment: Airborne Particles and Settled Dust**. USA: WILEY-INTERSCIENCE, John Wiley and Sons, 2004, 467 p.

MORQUECHO, R.; PITT, R. Pollutant associations with particulates in stormwater. **Proceedings Of The Water Environment Federation**, [s.l.], v. 2005, n. 11, p.4973-4999, 1 jan. 2005. Water Environment Federation.

MOURA, A. R. S.; FERREIRA, E. H.; FUKUSHIMA, F. K.; NETO, T. M. A.; MOUTINHO, T. M. P.; COSTA, T. V. **Processo de obtenção do alumínio**. 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/4SWxqB>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. 3º ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2011.

MURRAY, J. P.; ROUSE, J. V.; CARPENTER A. B. **Groundwater contamination by sanitary landfill leachate and domestic wastewater in carbonate terrain: principal source diagnosis, chemical transport characteristics and design implications**. Wat. Res., p. 745–757. 1981



NADASKÁ, G; LESNY, J; MICHALIK, I. **Environmental aspect of manganese chemistry**. Disponível em: <<http://goo.gl/cqczXb>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

NASCIMENTO, B. L. M; GOMES, D. R. C. S; COSTA, G. P; ARAÚJO, S. S; SANTOS, L. C. A; OLIVEIRA, J. D. **Comportamento e avaliação de metais potencialmente tóxicos (Cu (II), Cr (III), Pb (II) e Fe (III)) em águas superficiais dos Riachos Capivara e Bacuri Imperatriz-MA, Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/txuASe>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

NASCIMENTO, L., LEMOS, A., MELLO, C. **Gestão socioambiental estratégica**. São Paulo: Atlas, 2012.

NRIAGU, J. **Zinc Toxicity in Humans**. 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/RMM5RU>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

NOGUEIRA, Enes Follador. **Chorume, Recursos Hídricos e Legislação Ambiental Brasileira**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/Q7bQ0d>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

NOTARE, M. **Plantas Hidrófilas e seu Cultivo**. Sulamérica. Rio de Janeiro (RJ), 1992.

OKAMURA, L. A. **Avaliação e melhoria do poder calorífico de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos**. 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

OLIVEIRA, R. M. **Resíduos Sólido, Ambiente e Saúde: aspectos epidemiológicos do lixo. Uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial deve ultrapassar 9 bilhões em 2050**. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/vTHRp4>>. Acesso em: 18 set. 2015.

PARRON, L. M; MUNIZ, D. H. F; PEREIRA, C. M. (Org.). **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 2011. Embrapa Florestas. Disponível em: <<http://goo.gl/4Rijm7>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. v. 1, n. 1. p. 20-36. 2004.

PIVA, A. M.; WIEBECK, H. **Reciclagem do Plástico**. São Paulo: ArtLiber. 2004.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: Características, usos, produção e impactos ambientais**. Série: Conversando sobre ciências em Alagoas. 2005

PINTO, F. A. **Estudo da estabilização por solidificação de resíduos contendo metais pesados**. 2005. 229 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado na Área de Concentração Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PLUM, L. M.; RINK, L; HAASE, H. **The Essential Toxin: Impact of Zinc on Human Health**. 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/PzwpYj>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

POHLAND, F.G.; HARPER, S. R. **Critical Review and Summary of Leachate and Gas Production from Landfills**. EPA/600/2-86/73. Cincinnati, OH, U.S.A.: U.S. Environmental Protection Agency, 1986.

PRISTA, G. **Águas marinhas e estuarinas: Métodos de amostragem e armazenamento para nutrientes**. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/guoYXQ>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

PUBLIC HEALTH ENGLAND (PHE) (England). **Nickel: properties incident management toxicology**. 2009. Disponível em: <[goo.gl/8HPo5K](http://goo.gl/8HPo5K)>. Acesso em: 10 out. 2015.

RADTKE, D. B.; HOROWITZ, A. J.; SANDSTROM, M.W. **Filtered Samples**. 1999. Disponível em: <<http://goo.gl/01v9CC>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

REBOUÇAS, A. C., (coord.). **Águas doces do Brasil**. São Paulo: Escrituras, 2003.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F.; MELO, L. F. C. **Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos**. Química Nova, V. 27, N. 5, p. 771-78-, 2004.

RIGUETTI, P. F.; CARDOSO, C. A. L.; CAVALHEIRO, A. A.; LENZI E. K.; FIORUCCI, A. R.; SILVA, M. S. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.153-163, 1 jan. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi)

ROCHA, J. C; ROSA, A. H; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, F.S.F. **Aplicação da ozonização e do reativo de Fenton como pré-tratamento de chorume com os objetivos de redução da toxicidade e do impacto no processo biológico**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RODRIGUES, M. L. K. **Origem, distribuição e mobilidade potencial de metais em ambiente fluvial impactado por curtumes**. 2007. 256 f. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2007.

RUPPENTHAL, J. E. **Toxicologia**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/9PVkn9>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

SAINZ, M. **¿Por qué es tóxico el boro?** 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/66WkhP>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

SALVADOR-BLANES, S.; CORNU, S.; BOURENNANE, H.; KING, D. **Controls of the spatial variability of Cr concentration in topsoils of a central French landscape.** *Geoderma*, Amsterdam, v.132, p.143–157, 2006.

SANTILLI, J. **Aspectos jurídicos da Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília: Instituto Socioambiental - ISA, 2009.

SANTOS, L. O. **Estudo comparativo entre as técnicas de voltametria em pulso diferencial, espectrofotometria no ultravioleta e visível e cromatografia líquida de alta eficiência como metodologias analíticas no doseamento da substância química paracetamol.** 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Vigilância Sanitária, Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Rio de Janeiro, 2003.

SANTOS, C; FONSECA, J. **Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição.** 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/J6MV8D>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

SCAPIN, Valdirene de Oliveira. **Avaliação da contaminação por elementos inorgânicos e ésteres ftálicos em poeira doméstica da região metropolitana de São Paulo.** 2009. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SCHLIP, M.; SCHWALM, T.. **Closing the Recycling Loop: Up-Cycling of End-of-Life Fluoroplastics.** 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/9rY7lb>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

SEGATO, L. M. **Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru.** Disponível em: <<http://goo.gl/AHXn32>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

SERAFIM, A. C; GUSSAKOV, K. C. G; SILVA, F; CONEGLIAN, C. M. R; BRITO, N. N; SOBRINHO, G. D; TONSO, S; PELEGRINI, R. **Chorume, Impactos Ambientais e possibilidades de tratamentos.** 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/5CElbe>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

SILVA, C. O. **Subsídios para formação de aterro sanitário consorciado em municípios da região serrana dos quilombos em Alagoas.** 2009. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2009.

SILVA, C. L. ; RABELO, J. M. O. ; BOLLMANN, H. A. Energia no Lixo: uma avaliação da viabilidade do uso do biogás a partir de resíduos sólidos urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008, Brasília. **Artigo.** Brasília: Anppas, 2008. p. 1 - 20.

SILVA, C. L. **Avaliação da política municipal da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos de Curitiba.** Curitiba: Ed. do Autor, 2016. 81 p.

SILVA, E. A.; MOITA NETO, J. M.. Logística reversa nas indústrias de plásticos de Teresina-PI: um estudo de viabilidade. **Polímeros**, [s.l.], v. 21, n. 3, p.246-251, 2011

SILVA, W. R. **Biogás**: Potencialidade dos aterros sanitários do estado do Paraná. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Tecnologia (PRODETEC), Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento (LACTEC) e Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), Curitiba, 2010.

SOARES, M. R; ALLEONI, L. R. F. **Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados**. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/hC6J3r>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SODRÉ, F. F; PERALTA-ZAMORA, P. G; GRASSI, M. T. **Digestão fotoquímica, assistida por micro-ondas, de águas naturais**: Aplicação em estudos de partição e especiação do cobre. 2004. Disponível em: <<http://goo.gl/YdWUxD>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

SOUSA, T. G. S. **Água potável garantia de qualidade de vida**. 2002. Disponível em: <<http://goo.gl/Y3Szzz>>. Acesso em: 09 set. 2015.

SOUTO, Gabriel D'arrigo de Brito. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros - estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar ("stripping")**. 2009. 371 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. 452 f. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

TAVARES, B. F. D. **Tratamento de chorume**: Análise dos efluentes da evaporação forçada. 2011. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

TIBOLA, J. A.; DREHER, M. T.; ROCHA, P. R. Z. A degradação ambiental na percepção dos acadêmicos de um curso de administração: uma leitura do discurso a praxis. **Revista Gestão Universitária na América Latina - Gual**, [s.l.], v. 4, n. 3, p.100-101, 5 jun. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

TRIOLA, Mario F. **Introdução á Estatística: Atualização da tecnologia**. 11<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SINICROPI, M. S., AMANTEA D., CARUSO, A., SATURNINO, C. Chemical and biological properties of toxic metals and use of chelating agents for the pharmacological treatment of metal poisoning. **Archives of Toxicology**. p. 501-520, 2010

SOARES, M. R; ALLEONI, L. R. F. **Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados**. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/hC6J3r>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

STEARNS, D. M.; SILVEIRA, S. M.; WOLF, K. K; LUKE, A. M. **Chromium (III) tris (picolinate) is mutagenic at the hypoxanthine (guanine) phosphoribosyltransferase locus in Chinese hamster ovary cells**. Mut. Res. v. 513, p. 135-142, 2002.

TEIXEIRA, G.; MONTEIRO, M. C.; BINI, D.; PEREIRA, P. A. T; ANAISSI, F. J. **Efeito toxicológico dos metais cádmio e cromo no organismo humano**. Disponível em: <<http://goo.gl/KWNTzu>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

TROTTER, A. M; RODRIGUES, P. J.; THOMA, L. A. **The Usefulness of 0.45 m-Rated Filter Membranes**. 2002. Disponível em: <<http://goo.gl/oUldMD>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

UMBUZEIRO, G. A. **Guia de Potabilidade para Substâncias Químicas**. São Paulo: Editora Limiar, 2012.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Method 1669 – **Sampling ambient water for trace metals at EPA water quality criteria levels**. 1996. Disponível em: <<https://goo.gl/rZ28al>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Contract laboratory Program – National Functional Guidelines for Inorganic Data Review**. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation (OSRTI) OSWER 9240.1-45, EPA/540/R-04/004, 2004.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Method 6010 C - **Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry**. Revision 3. 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/1u10yN>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

VAITSMAN, D. S; AFONSO, J. C; DUTRA, P. B. **Para que servem os elementos químicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

VAN HAANDEL, A.C; LETTINGA. G. **Tratamento anaeróbio de esgoto**. Um manual para regiões de clima quente. Universidade Federal da Paraíba - CAMPINA GRANDE, 1994

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**. 4º ed. São Paulo: Editora SENC São Paulo, 2012.

VARGAS, H. C. **Mobilidade Urbana**. Urbs, Temas Urbanos, v. XII, n. 47, jul/set, p. 8-11, São Paulo, 2008.

VÁZQUEZ, F.M.; ANTA, R. C. **Niveles genéricos de metales pesados y otros elementos traza em suelos de Galicia**. Xunta de Galicia, 2009. 229p.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2ª.ed., p. 185, 1999.

VOGEL, A. I. **Análise química quantitativa**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

ZACHARIAS, M. C. J. **Minerais**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/muKwCU>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

ZAGATTO, P. A., BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, p. 478, 2006.

ZANELLO, Sonia. **Caracterização mineralógica e avaliação dos teores de Cr, Ni, Cu, Zn e Pb dos solos do entorno do aterro sanitário da Caximba**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pósgraduação em Ciência do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WERF). **Metals Removal Technologies for Urban Stormwater**. Prepared by Pauline Johnson, Robert Pitt, S. Rocky Durrans, Matilda Urrutia, and Shirley Clark. WERF Report 97-IRM-2. Water Environment Federation (publisher), Alexandria, VA; IWA Publishing, London, 2003.

WENDT, H.; LINARDI, M.; ARICÓ, E. M. **Células a combustível de baixa potência para aplicações estacionárias**. *Química Nova*, [s.l.], v. 25, n. 3, p.470-476, maio 2002.

YOUNG, R. A. **Introduction to the Rietveld Method**. Young, R.A (ed.), The Rietveld Method, Oxford, University Press, London, 1993.

### APÊNDICE 1 - RESULTADOS OBTIDOS DE ALUMÍNIO

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	0,23	0,17	0,20	0,04	21	0,03	0,0018
	set/15	0,50	0,45	0,48	0,04	8	0,03	0,0013
	out/15	0,28	0,24	0,26	0,03	12	0,02	0,0008
	nov/15	0,37	0,29	0,33	0,06	17	0,04	0,0032
	dez/15	0,42	0,32	0,37	0,07	19	0,05	0,0050
	fev/16	0,12	0,16	0,19	0,04	19	0,03	0,0008
	mar/16	0,30	0,23	0,27	0,05	19	0,04	0,0024
	abr/16	0,42	0,36	0,39	0,04	11	0,03	0,0018
2	ago/15	0,36	0,27	0,32	0,06	20	0,04	0,0041
	set/15	0,44	0,38	0,41	0,05	12	0,04	0,0018
	out/15	0,31	0,27	0,29	0,03	10	0,02	0,0008
	nov/15	0,26	0,21	0,24	0,04	16	0,03	0,0013
	dez/15	0,27	0,31	0,29	0,02	8	0,01	0,0008
	fev/16	0,18	0,15	0,17	0,02	15	0,01	0,0005
	mar/16	0,35	0,28	0,32	0,05	16	0,04	0,0024
	abr/16	0,31	0,30	0,31	0,01	2	0,01	0,0001
3	ago/15	0,35	0,29	0,32	0,04	13	0,03	0,0018
	set/15	0,45	0,35	0,40	0,07	18	0,05	0,0050
	out/15	0,30	0,23	0,27	0,05	19	0,04	0,0024
	nov/15	0,30	0,26	0,28	0,03	11	0,02	0,0008
	dez/15	0,46	0,35	0,40	0,08	19	0,06	0,0060
	fev/16	0,19	0,14	0,17	0,04	21	0,03	0,0012
	mar/16	0,34	0,27	0,31	0,05	16	0,04	0,0024
	abr/16	0,37	0,29	0,33	0,06	17	0,04	0,0032
4	ago/15	0,36	0,28	0,32	0,06	18	0,04	0,0032
	set/15	0,36	0,30	0,33	0,04	13	0,03	0,0018
	out/15	0,30	0,39	0,34	0,06	19	0,04	0,0041
	nov/15	0,25	0,20	0,23	0,03	15	0,02	0,0013
	dez/15	0,31	0,27	0,29	0,03	9	0,02	0,0008
	fev/16	0,19	0,14	0,16	0,03	20	0,02	0,0012
	mar/16	0,30	0,26	0,28	0,03	10	0,02	0,0008
	abr/16	0,32	0,31	0,32	0,01	2	0,01	0,0001

Continua

Continuação

<i>Ponto</i>	<i>Mês</i>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>DPR (%)</i>	<i>EP</i>	<i>Variância</i>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
5	ago/15	0,38	0,29	0,34	0,06	19	0,04	0,0041
	set/15	0,28	0,22	0,25	0,04	17	0,03	0,0018
	out/15	0,24	0,31	0,28	0,05	17	0,04	0,0024
	nov/15	0,25	0,21	0,23	0,03	12	0,02	0,0008
	dez/15	0,32	0,24	0,28	0,05	20	0,04	0,0032
	fev/16	0,15	0,15	0,15	0,00	0	0,00	0,0000
	mar/16	0,27	0,24	0,26	0,02	8	0,01	0,0005
	abr/16	0,31	0,28	0,23	0,12	7	0,08	0,0004
6	ago/15	0,35	0,27	0,31	0,06	18	0,04	0,0032
	set/15	0,20	0,22	0,21	0,01	7	0,01	0,0002
	out/15	0,29	0,22	0,26	0,05	19	0,04	0,0025
	nov/15	0,20	0,16	0,18	0,03	16	0,02	0,0008
	dez/15	0,26	0,31	0,29	0,04	12	0,03	0,0013
	fev/16	0,12	0,13	0,13	0,01	6	0,01	0,0001
	mar/16	0,24	0,22	0,23	0,01	6	0,01	0,0002
	abr/16	0,30	0,27	0,29	0,02	7	0,01	0,0004
7	ago/15	0,34	0,28	0,31	0,04	14	0,03	0,0018
	set/15	0,22	0,22	0,22	0,00	0	0,00	0,0000
	out/15	0,20	0,17	0,19	0,02	11	0,01	0,0005
	nov/15	0,19	0,19	0,19	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,20	0,17	0,19	0,02	11	0,01	0,0005
	fev/16	0,19	0,19	0,19	0,01	4	0,01	0,0000
	mar/16	0,22	0,20	0,21	0,01	7	0,01	0,0002
	abr/16	0,25	0,21	0,23	0,03	12	0,02	0,0008



## APÊNDICE 2 - RESULTADOS OBTIDOS DE CROMO

<i>Ponto</i>	<i>Mês</i>	RESULTADOS (mg/L)		<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>DPR (%)</i>	<i>EP</i>	<i>Variância</i>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
1	ago/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	set/15	0,12	0,16	0,14	0,03	20	0,02	0,0008
	out/15	0,13	0,10	0,12	0,02	18	0,01	0,0005
	nov/15	0,06	0,06	0,06	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	fev/16	0,13	0,10	0,12	0,02	18	0,01	0,0005
	mar/16	0,10	0,10	0,10	0,00	0	0,00	0,0000
	abr/16	0,09	0,08	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
2	ago/15	0,07	0,07	0,07	0,00	0	0,00	0,0000
	set/15	0,12	0,15	0,14	0,02	16	0,01	0,0004
	out/15	0,11	0,11	0,11	0,00	0	0,00	0,0000
	nov/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	dez/15	0,06	0,08	0,07	0,01	20	0,01	0,0002
	fev/16	0,11	0,11	0,11	0,00	0	0,00	0,0000
	mar/16	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	abr/16	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
3	ago/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	set/15	0,15	0,17	0,16	0,01	9	0,01	0,0002
	out/15	0,12	0,11	0,12	0,01	6	0,01	0,0001
	nov/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	dez/15	0,06	0,07	0,07	0,01	11	0,01	0,0001
	fev/16	0,12	0,11	0,12	0,01	6	0,01	0,0001
	mar/16	0,10	0,10	0,10	0,00	0	0,00	0,0000
	abr/16	0,09	0,08	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
4	ago/15	0,07	0,06	0,07	0,01	11	0,01	0,0001
	set/15	0,11	0,13	0,12	0,01	12	0,01	0,0002
	out/15	0,11	0,11	0,11	0,00	0	0,00	0,0000
	nov/15	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	fev/16	0,11	0,11	0,11	0,01	7	0,01	0,0000
	mar/16	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	abr/16	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000

Continua

Continuação

<b>Ponto</b>	<b>Mês</b>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>EP</b>	<b>Variância</b>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
<b>5</b>	<b>ago/15</b>	0,10	0,08	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	<b>set/15</b>	0,11	0,10	0,11	0,01	7	0,01	0,0001
	<b>out/15</b>	0,09	0,11	0,10	0,01	14	0,01	0,0002
	<b>nov/15</b>	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	<b>dez/15</b>	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	<b>fev/16</b>	0,09	0,12	0,11	0,02	20	0,01	0,0005
	<b>mar/16</b>	0,12	0,11	0,12	0,01	6	0,01	0,0001
	<b>abr/16</b>	0,07	0,06	0,07	0,01	11	0,01	0,0001
<b>6</b>	<b>ago/15</b>	0,09	0,08	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	<b>set/15</b>	0,09	0,09	0,09	0,00	0	0,00	0,0000
	<b>out/15</b>	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	<b>nov/15</b>	0,07	0,07	0,07	0,00	0	0,00	0,0000
	<b>dez/15</b>	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	<b>fev/16</b>	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	<b>mar/16</b>	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000
	<b>abr/16</b>	0,09	0,08	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
<b>7</b>	<b>ago/15</b>	0,09	0,08	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	<b>set/15</b>	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	<b>out/15</b>	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	<b>nov/15</b>	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000
	<b>dez/15</b>	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	<b>fev/16</b>	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	<b>mar/16</b>	0,07	0,07	0,07	0,00	0	0,00	0,0000
	<b>abr/16</b>	0,09	0,07	0,09	0,01	8	0,01	0,0002

### APÊNDICE 3 - RESULTADOS OBTIDOS DE BORO

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	0,67	0,62	0,65	0,04	5	0,03	0,0013
	set/15	0,91	1,08	1,00	0,12	12	0,08	0,0145
	out/15	0,89	0,85	0,87	0,03	3	0,02	0,0008
	nov/15	0,52	0,43	0,48	0,06	13	0,04	0,0041
	dez/15	0,63	0,69	0,66	0,04	6	0,03	0,0018
	fev/16	0,89	0,70	0,80	0,13	17	0,09	0,0181
	mar/16	0,75	0,73	0,74	0,01	2	0,01	0,0002
	abr/16	0,73	0,72	0,73	0,01	1	0,01	0,0001
2	ago/15	0,58	0,59	0,59	0,01	1	0,01	0,0001
	set/15	0,96	1,06	1,01	0,07	7	0,05	0,0050
	out/15	0,81	0,76	0,79	0,04	5	0,03	0,0013
	nov/15	0,62	0,49	0,56	0,09	17	0,06	0,0085
	dez/15	0,55	0,68	0,62	0,09	15	0,06	0,0085
	fev/16	0,81	0,76	0,79	0,04	5	0,03	0,0013
	mar/16	0,72	0,72	0,72	0,00	0	0,00	0,0000
	abr/16	0,65	0,68	0,67	0,02	3	0,01	0,0005
3	ago/15	0,61	0,58	0,60	0,02	4	0,01	0,0005
	set/15	1,00	1,14	1,07	0,10	9	0,07	0,0098
	out/15	0,92	0,93	0,93	0,01	1	0,01	0,0001
	nov/15	0,63	0,62	0,63	0,01	1	0,01	0,0001
	dez/15	0,51	0,66	0,59	0,11	18	0,08	0,0113
	fev/16	0,92	0,93	0,93	0,01	1	0,01	0,0001
	mar/16	0,77	0,81	0,79	0,03	4	0,02	0,0008
	abr/16	0,68	0,72	0,70	0,03	4	0,02	0,0008
4	ago/15	0,57	0,51	0,54	0,04	8	0,03	0,0018
	set/15	1,02	0,95	0,99	0,05	5	0,04	0,0025
	out/15	0,81	0,93	0,87	0,08	10	0,06	0,0072
	nov/15	0,83	0,81	0,82	0,01	2	0,01	0,0002
	dez/15	0,54	0,66	0,60	0,08	14	0,06	0,0072
	fev/16	0,81	0,93	0,87	0,08	10	0,06	0,0072
	mar/16	0,76	0,80	0,78	0,03	4	0,02	0,0008
	abr/16	0,64	0,70	0,67	0,04	6	0,03	0,0018

Continua

Continuação

<i>Ponto</i>	<i>Mês</i>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>DPR (%)</i>	<i>EP</i>	<i>Variância</i>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
5	ago/15	0,53	0,51	0,52	0,01	3	0,01	0,0002
	set/15	0,73	0,74	0,74	0,01	1	0,01	0,0001
	out/15	0,66	0,74	0,70	0,06	8	0,04	0,0032
	nov/15	0,63	0,70	0,67	0,05	7	0,04	0,0025
	dez/15	0,54	0,62	0,58	0,06	10	0,04	0,0032
	fev/16	0,66	0,74	0,70	0,06	8	0,04	0,0032
	mar/16	0,63	0,68	0,66	0,04	5	0,03	0,0013
	abr/16	0,58	0,62	0,60	0,03	5	0,02	0,0008
6	ago/15	0,66	0,55	0,61	0,08	13	0,06	0,0061
	set/15	0,61	0,68	0,65	0,05	8	0,04	0,0025
	out/15	0,61	0,67	0,64	0,04	7	0,03	0,0018
	nov/15	0,70	0,66	0,68	0,03	4	0,02	0,0008
	dez/15	0,52	0,65	0,59	0,09	16	0,06	0,0085
	fev/16	0,61	0,67	0,64	0,04	7	0,03	0,0018
	mar/16	0,62	0,65	0,64	0,02	3	0,01	0,0005
	abr/16	0,62	0,60	0,61	0,01	2	0,01	0,0002
7	ago/15	0,57	0,57	0,57	0,00	0	0,00	0,0000
	set/15	0,59	0,66	0,63	0,05	8	0,04	0,0025
	out/15	0,59	0,65	0,62	0,04	7	0,03	0,0018
	nov/15	0,58	0,64	0,61	0,04	7	0,03	0,0018
	dez/15	0,52	0,63	0,58	0,08	14	0,06	0,0061
	fev/16	0,59	0,65	0,62	0,04	7	0,03	0,0018
	mar/16	0,57	0,63	0,60	0,04	7	0,03	0,0018
	abr/16	0,56	0,62	0,59	0,04	7	0,03	0,0018

### APÊNDICE 4 - RESULTADOS OBTIDOS DE FERRO

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	5,89	5,23	5,56	0,47	8	0,33	0,2178
	set/15	3,42	4,12	3,77	0,49	13	0,35	0,2450
	out/15	4,06	3,92	3,99	0,10	2	0,07	0,0098
	nov/15	4,30	3,21	3,76	0,77	21	0,54	0,5941
	dez/15	4,25	5,05	4,65	0,57	12	0,40	0,3200
	fev/16	4,06	3,92	3,99	0,10	2	0,07	0,0098
	mar/16	4,33	4,24	4,29	0,06	1	0,04	0,0040
	abr/16	4,73	5,02	4,88	0,21	4	0,15	0,0420
2	ago/15	5,14	4,62	4,88	0,37	8	0,26	0,1352
	set/15	3,83	4,58	4,21	0,53	13	0,37	0,2813
	out/15	4,14	3,78	3,96	0,25	6	0,18	0,0648
	nov/15	3,32	2,61	2,97	0,50	17	0,35	0,2521
	dez/15	2,69	3,61	3,15	0,65	21	0,46	0,4232
	fev/16	4,14	3,78	3,96	0,25	6	0,18	0,0648
	mar/16	3,88	3,83	3,86	0,04	1	0,03	0,0012
	abr/16	4,14	3,78	3,96	0,25	6	0,18	0,0648
3	ago/15	5,49	4,51	5,00	0,69	14	0,49	0,4802
	set/15	4,10	4,17	4,14	0,05	1	0,04	0,0025
	out/15	4,30	3,77	4,04	0,37	9	0,26	0,1405
	nov/15	3,01	2,45	2,73	0,40	15	0,28	0,1568
	dez/15	2,42	2,73	2,58	0,22	9	0,16	0,0481
	fev/16	4,30	3,77	4,04	0,37	9	0,26	0,1405
	mar/16	3,94	3,57	3,76	0,26	7	0,18	0,0685
	abr/16	4,07	3,67	3,87	0,28	7	0,20	0,0800
4	ago/15	5,13	4,40	4,77	0,52	11	0,37	0,2665
	set/15	3,45	3,71	3,58	0,18	5	0,13	0,0338
	out/15	4,11	3,78	3,95	0,23	6	0,16	0,0545
	nov/15	3,25	2,74	3,00	0,36	12	0,25	0,1301
	dez/15	2,98	3,17	3,08	0,13	4	0,09	0,0181
	fev/16	4,11	3,78	3,95	0,23	6	0,16	0,0545
	mar/16	3,84	3,60	3,72	0,17	5	0,12	0,0288
	abr/16	4,07	3,78	3,93	0,21	5	0,15	0,0421

Continua

Continuação

<b>Ponto</b>	<b>Mês</b>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>EP</b>	<b>Variância</b>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
<b>5</b>	<b>ago/15</b>	3,32	2,94	3,13	0,27	9	0,19	0,0722
	<b>set/15</b>	3,77	3,54	3,66	0,16	4	0,11	0,0265
	<b>out/15</b>	3,12	4,15	3,64	0,73	20	0,52	0,5305
	<b>nov/15</b>	2,93	2,56	2,75	0,26	10	0,18	0,0685
	<b>dez/15</b>	2,76	3,17	2,97	0,29	10	0,21	0,0841
	<b>fev/16</b>	3,12	4,15	3,64	0,73	20	0,52	0,5305
	<b>mar/16</b>	3,17	3,42	3,30	0,18	5	0,13	0,0313
	<b>abr/16</b>	3,07	3,42	3,25	0,25	8	0,18	0,0613
<b>6</b>	<b>ago/15</b>	3,55	2,95	3,25	0,42	13	0,30	0,1800
	<b>set/15</b>	3,26	3,55	3,41	0,21	6	0,15	0,0421
	<b>out/15</b>	3,12	3,38	3,25	0,18	6	0,13	0,0338
	<b>nov/15</b>	2,94	2,61	2,78	0,23	8	0,16	0,0545
	<b>dez/15</b>	2,66	3,28	2,97	0,44	15	0,31	0,1922
	<b>fev/16</b>	3,12	3,38	3,25	0,18	6	0,13	0,0338
	<b>mar/16</b>	3,11	3,19	3,15	0,06	2	0,04	0,0032
	<b>abr/16</b>	3,15	3,27	3,21	0,08	3	0,06	0,0072
<b>7</b>	<b>ago/15</b>	3,26	3,19	3,23	0,05	2	0,04	0,0024
	<b>set/15</b>	3,26	3,61	3,44	0,25	7	0,18	0,0613
	<b>out/15</b>	3,13	3,00	3,07	0,09	3	0,06	0,0084
	<b>nov/15</b>	3,26	3,08	3,17	0,13	4	0,09	0,0162
	<b>dez/15</b>	2,83	3,46	3,15	0,45	14	0,32	0,1985
	<b>fev/16</b>	3,13	3,00	3,07	0,09	3	0,06	0,0084
	<b>mar/16</b>	3,15	3,22	3,19	0,05	2	0,04	0,0025
	<b>abr/16</b>	3,07	3,22	3,15	0,11	3	0,08	0,0113

### APÊNDICE 5 - RESULTADOS OBTIDOS DE BÁRIO

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	0,31	0,27	0,29	0,03	10	0,02	0,0008
	set/15	0,34	0,39	0,37	0,04	10	0,03	0,0013
	out/15	0,35	0,26	0,31	0,06	21	0,04	0,0041
	nov/15	0,23	0,18	0,21	0,04	17	0,03	0,0012
	dez/15	0,34	0,31	0,33	0,02	7	0,01	0,0005
	fev/16	0,35	0,27	0,31	0,06	18	0,04	0,0032
	mar/16	0,32	0,28	0,30	0,03	9	0,02	0,0008
	abr/16	0,33	0,28	0,31	0,04	12	0,03	0,0013
2	ago/15	0,31	0,27	0,29	0,03	10	0,02	0,0008
	set/15	0,33	0,34	0,34	0,01	2	0,01	0,0001
	out/15	0,33	0,29	0,31	0,03	9	0,02	0,0008
	nov/15	0,22	0,17	0,20	0,04	18	0,03	0,0013
	dez/15	0,23	0,25	0,24	0,01	6	0,01	0,0002
	fev/16	0,33	0,29	0,31	0,03	9	0,02	0,0008
	mar/16	0,29	0,27	0,28	0,01	5	0,01	0,0002
	abr/16	0,30	0,28	0,29	0,01	5	0,01	0,0002
3	ago/15	0,33	0,28	0,31	0,04	12	0,03	0,0013
	set/15	0,37	0,35	0,36	0,01	4	0,01	0,0002
	out/15	0,43	0,34	0,39	0,06	17	0,04	0,0041
	nov/15	0,21	0,16	0,19	0,04	19	0,03	0,0013
	dez/15	0,19	0,19	0,19	0,00	0	0,00	0,0000
	fev/16	0,43	0,34	0,39	0,06	17	0,04	0,0041
	mar/16	0,33	0,28	0,31	0,04	12	0,03	0,0013
	abr/16	0,32	0,27	0,30	0,04	12	0,03	0,0013
4	ago/15	0,29	0,25	0,27	0,03	10	0,02	0,0008
	set/15	0,36	0,30	0,33	0,04	13	0,03	0,0018
	out/15	0,35	0,34	0,35	0,01	2	0,01	0,0000
	nov/15	0,22	0,18	0,20	0,03	14	0,02	0,0008
	dez/15	0,24	0,22	0,23	0,01	6	0,01	0,0002
	fev/16	0,35	0,34	0,35	0,01	2	0,01	0,0000
	mar/16	0,30	0,27	0,29	0,02	7	0,01	0,0004
	abr/16	0,29	0,27	0,28	0,01	5	0,01	0,0002

Continua

Continuação

<b>Ponto</b>	<b>Mês</b>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>EP</b>	<b>Variância</b>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
<b>5</b>	<b>ago/15</b>	0,20	0,19	0,20	0,01	4	0,01	0,0001
	<b>set/15</b>	0,26	0,27	0,27	0,01	3	0,01	0,0001
	<b>out/15</b>	0,23	0,25	0,24	0,01	6	0,01	0,0002
	<b>nov/15</b>	0,21	0,18	0,20	0,02	11	0,01	0,0005
	<b>dez/15</b>	0,24	0,22	0,23	0,01	6	0,01	0,0002
	<b>fev/16</b>	0,23	0,25	0,24	0,01	6	0,01	0,0002
	<b>mar/16</b>	0,23	0,21	0,22	0,01	6	0,01	0,0002
	<b>abr/16</b>	0,22	0,19	0,21	0,02	10	0,01	0,0005
<b>6</b>	<b>ago/15</b>	0,23	0,19	0,21	0,03	13	0,02	0,0008
	<b>set/15</b>	0,20	0,22	0,21	0,01	7	0,01	0,0002
	<b>out/15</b>	0,22	0,21	0,22	0,01	3	0,01	0,0001
	<b>nov/15</b>	0,19	0,16	0,18	0,02	12	0,01	0,0005
	<b>dez/15</b>	0,23	0,24	0,24	0,01	3	0,01	0,0000
	<b>fev/16</b>	0,22	0,21	0,22	0,01	3	0,01	0,0001
	<b>mar/16</b>	0,22	0,21	0,22	0,01	3	0,01	0,0001
	<b>abr/16</b>	0,23	0,20	0,22	0,02	10	0,01	0,0005
<b>7</b>	<b>ago/15</b>	0,19	0,19	0,19	0,00	0	0,00	0,0000
	<b>set/15</b>	0,19	0,20	0,20	0,01	4	0,01	0,0001
	<b>out/15</b>	0,19	0,21	0,20	0,01	7	0,01	0,0002
	<b>nov/15</b>	0,19	0,18	0,19	0,01	4	0,01	0,0001
	<b>dez/15</b>	0,24	0,22	0,23	0,01	6	0,01	0,0002
	<b>fev/16</b>	0,19	0,21	0,20	0,01	7	0,01	0,0002
	<b>mar/16</b>	0,21	0,20	0,21	0,01	3	0,01	0,0000
	<b>abr/16</b>	0,20	0,19	0,20	0,01	4	0,01	0,0001



## APÊNDICE 6 - RESULTADOS OBTIDOS DE MANGANÊS

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	0,65	0,60	0,63	0,04	6	0,03	0,0013
	set/15	0,43	0,51	0,47	0,06	12	0,04	0,0032
	out/15	0,51	0,49	0,50	0,01	3	0,01	0,0002
	nov/15	0,61	0,50	0,56	0,08	14	0,06	0,0061
	dez/15	0,64	0,70	0,67	0,04	6	0,03	0,0018
	fev/16	0,51	0,49	0,50	0,01	3	0,01	0,0002
	mar/16	0,56	0,55	0,56	0,01	1	0,01	0,0001
	abr/16	0,60	0,53	0,57	0,05	9	0,04	0,0025
2	ago/15	0,60	0,57	0,59	0,02	4	0,01	0,0005
	set/15	0,46	0,51	0,49	0,04	7	0,03	0,0013
	out/15	0,49	0,44	0,47	0,04	8	0,03	0,0013
	nov/15	0,36	0,29	0,33	0,05	15	0,04	0,0025
	dez/15	0,31	0,42	0,37	0,08	21	0,06	0,0061
	fev/16	0,49	0,44	0,47	0,04	8	0,03	0,0013
	mar/16	0,45	0,56	0,51	0,08	15	0,06	0,0061
	abr/16	0,47	0,49	0,48	0,01	3	0,01	0,0002
3	ago/15	0,64	0,57	0,61	0,05	8	0,04	0,0025
	set/15	0,49	0,51	0,50	0,01	3	0,01	0,0002
	out/15	0,53	0,52	0,53	0,01	1	0,01	0,0001
	nov/15	0,34	0,26	0,30	0,06	19	0,04	0,0032
	dez/15	0,26	0,32	0,29	0,04	15	0,03	0,0018
	fev/16	0,53	0,52	0,53	0,01	1	0,01	0,0001
	mar/16	0,47	0,45	0,46	0,01	3	0,01	0,0002
	abr/16	0,48	0,47	0,48	0,01	1	0,01	0,0001
4	ago/15	0,64	0,56	0,60	0,06	9	0,04	0,0032
	set/15	0,52	0,50	0,51	0,01	3	0,01	0,0002
	out/15	0,52	0,50	0,51	0,01	3	0,01	0,0002
	nov/15	0,34	0,29	0,32	0,04	11	0,03	0,0013
	dez/15	0,32	0,36	0,34	0,03	8	0,02	0,0008
	fev/16	0,52	0,50	0,51	0,01	3	0,01	0,0002
	mar/16	0,48	0,45	0,47	0,02	5	0,01	0,0004
	abr/16	0,49	0,47	0,48	0,01	3	0,01	0,0002

Continua

Continuação

<b>Ponto</b>	<b>Mês</b>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>EP</b>	<b>Variância</b>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
5	ago/15	0,34	0,32	0,33	0,01	4	0,01	0,0002
	set/15	0,43	0,43	0,43	0,00	0	0,00	0,0000
	out/15	0,37	0,42	0,40	0,04	9	0,03	0,0013
	nov/15	0,33	0,29	0,31	0,03	9	0,02	0,0008
	dez/15	0,32	0,33	0,33	0,01	2	0,01	0,0001
	fev/16	0,37	0,42	0,40	0,04	9	0,03	0,0013
	mar/16	0,36	0,37	0,37	0,01	2	0,01	0,0001
abr/16	0,38	0,35	0,37	0,02	6	0,01	0,0005	
6	ago/15	0,33	0,27	0,30	0,04	14	0,03	0,0018
	set/15	0,32	0,26	0,29	0,04	15	0,03	0,0018
	out/15	0,36	0,32	0,34	0,03	8	0,02	0,0008
	nov/15	0,30	0,26	0,28	0,03	10	0,02	0,0008
	dez/15	0,29	0,38	0,34	0,06	19	0,04	0,0041
	fev/16	0,36	0,32	0,34	0,03	8	0,02	0,0008
	mar/16	0,33	0,30	0,32	0,02	7	0,01	0,0005
abr/16	0,30	0,28	0,29	0,01	5	0,01	0,0002	
7	ago/15	0,29	0,28	0,29	0,01	2	0,01	0,0000
	set/15	0,30	0,33	0,32	0,02	7	0,01	0,0005
	out/15	0,31	0,32	0,32	0,01	2	0,01	0,0001
	nov/15	0,30	0,28	0,29	0,01	5	0,01	0,0002
	dez/15	0,29	0,34	0,32	0,04	11	0,03	0,0013
	fev/16	0,31	0,32	0,32	0,01	2	0,01	0,0001
	mar/16	0,30	0,31	0,31	0,01	2	0,01	0,0001
abr/16	0,28	0,27	0,28	0,01	3	0,01	0,0001	

## APÊNDICE 7 - RESULTADOS OBTIDOS DE NÍQUEL

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	set/15	0,13	0,16	0,15	0,02	15	0,01	0,0004
	out/15	0,12	0,09	0,11	0,02	20	0,01	0,0005
	nov/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	dez/15	0,08	0,10	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	fev/16	0,12	0,09	0,11	0,02	20	0,01	0,0005
	mar/16	0,10	0,08	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	abr/16	0,11	0,09	0,10	0,01	14	0,01	0,0002
2	ago/15	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	set/15	0,13	0,16	0,15	0,02	15	0,01	0,0004
	out/15	0,10	0,10	0,10	0,00	0	0,00	0,0000
	nov/15	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	dez/15	0,09	0,11	0,10	0,01	14	0,01	0,0002
	fev/16	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	mar/16	0,10	0,11	0,11	0,01	7	0,01	0,0001
	abr/16	0,12	0,14	0,13	0,01	11	0,01	0,0002
3	ago/15	0,07	0,08	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	set/15	0,14	0,17	0,16	0,02	14	0,01	0,0005
	out/15	0,12	0,12	0,12	0,00	0	0,00	0,0000
	nov/15	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	dez/15	0,08	0,10	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	fev/16	0,12	0,12	0,12	0,00	0	0,00	0,0000
	mar/16	0,11	0,11	0,11	0,00	0	0,00	0,0000
	abr/16	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
4	ago/15	0,07	0,07	0,07	0,00	0	0,00	0,0000
	set/15	0,15	0,15	0,15	0,00	0	0,00	0,0000
	out/15	0,11	0,12	0,12	0,01	6	0,01	0,0001
	nov/15	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	dez/15	0,08	0,10	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	fev/16	0,11	0,12	0,12	0,01	6	0,01	0,0001
	mar/16	0,10	0,11	0,11	0,01	7	0,01	0,0001
	abr/16	0,13	0,12	0,13	0,01	6	0,01	0,0001

Continua

Continuação

<b>Ponto</b>	<b>Mês</b>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>EP</b>	<b>Variância</b>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
5	ago/15	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000
	set/15	0,11	0,11	0,11	0,00	0	0,00	0,0000
	out/15	0,09	0,11	0,10	0,01	14	0,01	0,0002
	nov/15	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	dez/15	0,09	0,11	0,10	0,01	14	0,01	0,0002
	fev/16	0,09	0,12	0,11	0,02	20	0,01	0,0005
	mar/16	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	abr/16	0,11	0,09	0,10	0,01	14	0,01	0,0002
6	ago/15	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	set/15	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	out/15	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	nov/15	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	dez/15	0,08	0,10	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	fev/16	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	mar/16	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	abr/16	0,09	0,09	0,09	0,00	0	0,00	0,0000
7	ago/15	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	set/15	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	out/15	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000
	nov/15	0,10	0,10	0,10	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,08	0,10	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	fev/16	0,08	0,08	0,08	0,00	0	0,00	0,0000
	mar/16	0,08	0,09	0,09	0,01	8	0,01	0,0001
	abr/16	0,10	0,09	0,10	0,01	7	0,01	0,0001

### APÊNDICE 8 - RESULTADOS OBTIDOS DE ZINCO

Ponto	Mês	RESULTADOS (mg/L)		Média	DP	DPR (%)	EP	Variância
		CAMPO	LABORATÓRIO					
1	ago/15	0,14	0,11	0,13	0,02	17	0,01	0,0005
	set/15	0,27	0,23	0,25	0,03	11	0,02	0,0008
	out/15	0,19	0,15	0,17	0,03	17	0,02	0,0008
	nov/15	0,09	0,10	0,10	0,01	7	0,01	0,0001
	dez/15	0,11	0,15	0,13	0,03	22	0,02	0,0008
	fev/16	0,19	0,15	0,17	0,03	17	0,02	0,0008
	mar/16	0,17	0,15	0,16	0,01	9	0,01	0,0002
	abr/16	0,15	0,14	0,15	0,01	5	0,01	0,0000
2	ago/15	0,20	0,16	0,18	0,03	16	0,02	0,0008
	set/15	0,32	0,25	0,29	0,05	17	0,04	0,0024
	out/15	0,15	0,12	0,14	0,02	16	0,01	0,0004
	nov/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	dez/15	0,16	0,15	0,16	0,01	5	0,01	0,0001
	fev/16	0,15	0,12	0,14	0,02	16	0,01	0,0004
	mar/16	0,18	0,15	0,17	0,02	13	0,01	0,0005
	abr/16	0,17	0,14	0,16	0,02	14	0,01	0,0005
3	ago/15	0,10	0,08	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	set/15	0,30	0,23	0,27	0,05	19	0,04	0,0024
	out/15	0,18	0,15	0,17	0,02	13	0,01	0,0005
	nov/15	0,08	0,07	0,08	0,01	9	0,01	0,0001
	dez/15	0,12	0,10	0,11	0,01	13	0,01	0,0002
	fev/16	0,18	0,14	0,16	0,03	18	0,02	0,0008
	mar/16	0,16	0,13	0,15	0,02	15	0,01	0,0004
	abr/16	0,13	0,11	0,12	0,01	12	0,01	0,0002
4	ago/15	0,10	0,08	0,09	0,01	16	0,01	0,0002
	set/15	0,30	0,26	0,28	0,03	10	0,02	0,0008
	out/15	0,12	0,10	0,11	0,01	13	0,01	0,0002
	nov/15	0,07	0,07	0,07	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,17	0,13	0,15	0,03	19	0,02	0,0008
	fev/16	0,12	0,09	0,11	0,02	20	0,01	0,0005
	mar/16	0,15	0,12	0,14	0,02	16	0,01	0,0004
	abr/16	0,13	0,10	0,12	0,02	18	0,01	0,0005

Continua

Continuação

<b>Ponto</b>	<b>Mês</b>	<b>RESULTADOS (mg/L)</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>DPR (%)</b>	<b>EP</b>	<b>Variância</b>
		<i>CAMPO</i>	<i>LABORATÓRIO</i>					
5	ago/15	0,15	0,12	0,14	0,02	16	0,01	0,0004
	set/15	0,27	0,21	0,24	0,04	18	0,03	0,0018
	out/15	0,14	0,14	0,14	0,00	0	0,00	0,0000
	nov/15	0,07	0,07	0,07	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,15	0,12	0,14	0,02	16	0,01	0,0004
	fev/16	0,14	0,10	0,12	0,03	24	0,02	0,0008
	mar/16	0,15	0,13	0,14	0,01	10	0,01	0,0002
	abr/16	0,26	0,23	0,25	0,02	9	0,01	0,0005
6	ago/15	0,17	0,14	0,16	0,02	14	0,01	0,0005
	set/15	0,18	0,24	0,21	0,04	20	0,03	0,0018
	out/15	0,25	0,20	0,23	0,04	16	0,03	0,0013
	nov/15	0,06	0,06	0,06	0,00	0	0,00	0,0000
	dez/15	0,14	0,13	0,14	0,01	5	0,01	0,0001
	fev/16	0,25	0,21	0,23	0,03	12	0,02	0,0008
	mar/16	0,18	0,16	0,17	0,01	8	0,01	0,0002
	abr/16	0,19	0,16	0,18	0,02	12	0,01	0,0005
7	ago/15	0,14	0,12	0,13	0,01	11	0,01	0,0002
	set/15	0,25	0,28	0,27	0,02	8	0,01	0,0005
	out/15	0,16	0,13	0,15	0,02	15	0,01	0,0004
	nov/15	0,07	0,06	0,07	0,01	11	0,01	0,0001
	dez/15	0,12	0,10	0,11	0,01	13	0,01	0,0002
	fev/16	0,16	0,12	0,14	0,03	20	0,02	0,0008
	mar/16	0,15	0,14	0,15	0,01	5	0,01	0,0000
	abr/16	0,14	0,12	0,13	0,01	11	0,01	0,0002