

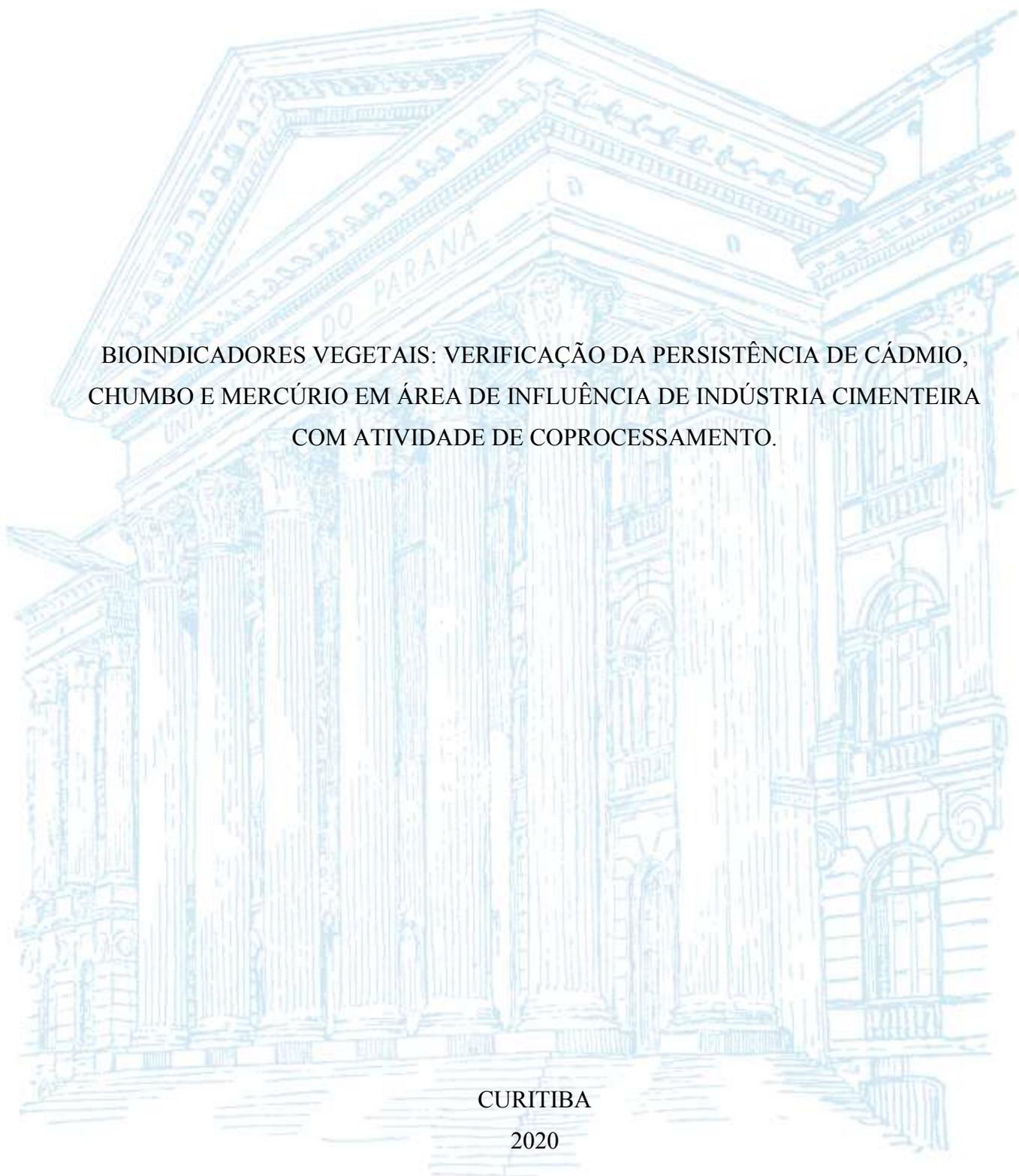
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GREICE KELI CORRÊA

BIOINDICADORES VEGETAIS: VERIFICAÇÃO DA PERSISTÊNCIA DE CÁDMIO,  
CHUMBO E MERCÚRIO EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DE INDÚSTRIA CIMENTEIRA  
COM ATIVIDADE DE COPROCESSAMENTO.

CURITIBA

2020



GREICE KELI CORRÊA

BIOINDICADORES VEGETAIS: VERIFICAÇÃO DA PERSISTÊNCIA DE CÁDMIO,  
CHUMBO E MERCÚRIO EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DE INDÚSTRIA CIMENTEIRA  
COM ATIVIDADE DE COPROCESSAMENTO.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, em parceria com a Universidade de Stuttgart e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Prof<sup>o</sup> MSc. Mauricy Kawano  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Margarete Casagrande Lass  
Erbe  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup> MSc. Sandra Mara Pereira de  
Queiroz

CURITIBA

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

---

- C824b Corrêa, Greice Keli  
Bioindicadores vegetais: verificação da persistência de cádmio, chumbo e mercúrio em área de influência de indústria cimenteira com atividade de coprocessamento. [recurso eletrônico] / Greice Keli Corrêa – Curitiba, 2020.
- Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Paraná (SENAI – PR), Universität Stuttgart.
- Orientador: Prof. MSc. Mauricy Kawano  
Coorientadora: Profa Dra Margarete Casagrande Lass Erbe  
Coorientadora: Profa. MSc. Sandra Mara Pereira de Queiroz
1. Monitoramento biológico. 2. Metais pesados. 3. *Sphagnum SP* (Musgo). 4. *Zinnia elegans*. I. Universidade Federal do Paraná. II. Kawano, Mauricy. III. Erbe, Margarete Casagrande Lass. IV. Queiroz, Sandra Mara Pereira de. V. Título.

CDD: 574.5

---

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

## TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE  
URBANO E INDUSTRIAL - 40001016057P5

### 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 GREICE KELI CORRÊA intitulada: **USO DE BIOINDICADORES VEGETAIS: VERIFICAÇÃO DA PERSISTÊNCIA DE CÁDMIO, CHUMBO E MERCÚRIO EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DE INDÚSTRIA CIMENTEIRA COM ATIVIDADE DE COPROCESSAMENTO**, sob orientação do Prof. MAURICY KAWANO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 31 de Agosto de 2020.

MAURICY KAWANO

Presidente da Banca Examinadora (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL)

KELLY GERONAZZO MARTINS

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE)

CARLOS ROBERTO USIRAJARA CORTARSI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, ser do mais puro Amor, Justo e Poderoso, por abençoar minha vida diariamente com experiências e ensinamentos valiosos.

À minha família que, como sempre, me apoiou, incentivou e deu suporte para que este projeto fosse possível, sobretudo à minha MÃE que é um ser humano incrível, sempre ao meu lado tornando possível, conquistas como esta. Ao meu querido PAI que imprimiu em mim o senso da Justiça, da Verdade e do Amor, ao meu tesouro LUCA, razão da minha alegria de viver.

Ao meu amado companheiro Rafael Gava, que me apresentou o biomonitoramento, pelo incentivo, paciência e momentos de discussão, divagação, aconchego e muitas, muitas risadas.

Ao professor e amigo Yedo Alquini por todo conhecimento técnico carinhosamente compartilhado.

À Rejane Afonso, a maior incentivadora, me fazendo acreditar em minha capacidade para realizar este trabalho e muitos outros, minha Amiga e Mentora Profissional.

Aos meus colegas da Monitore, Ana Paula, Fernanda e João, por toda ajuda técnica e emocional, tornando possível colocar em prática o que estava apenas no papel.

À Luiza Trevisan Barcellos e Paulo Calaça pelo acesso à fábrica com recepção sempre calorosa e amigável, e pela disponibilidade do espaço para implantação do experimento.

Aos Queridos Professores M.Sc. Mauricy Kawano, M.Sc Sandra Mara Pereira de Queiroz e Dr<sup>a</sup> Margarete Casagrande Lass Erbe pela paciente e consistente orientação.

À UFPR pela vivência experimentada e conhecimentos adquiridos.

Aos meus colegas de turma, pela troca de conhecimentos e incentivo.

*“De DEUS vem a semente, o solo, o clima, a seiva e a orientação para o desenvolvimento da árvore, como também dimanam de DEUS a inteligência, a saúde, a coragem e o discernimento do cultivador, mas somos obrigados a reconhecer que alguém deve plantar.”*

*Francisco Cândido Xavier ditado pelo espírito Emmanuel*

## RESUMO

As áreas industriais causam preocupações relacionadas ao desenvolvimento da biodiversidade e à saúde das pessoas, devido, entre outros fatores, às emissões atmosféricas contendo poluentes sólidos e gasosos. Dentre os poluentes que estão no radar dos estudiosos da área ambiental estão os metais pesados cádmio, mercúrio e chumbo. Uma vez que não apresentam funções para o desenvolvimento das plantas, mas podem causar-lhes danos expressados por sintomas específicos. Vários autores apresentam os vegetais como bons reveladores destes sintomas, os denominados bioindicadores. Além de indicar visualmente a presença de poluentes, alguns organismos apresentam a capacidade de acumular metais e estas informações são utilizadas para a verificação destes nos ambientes de estudo. O presente trabalho buscou avaliar os sintomas, por meio de diagnose visual e detectar, por método analítico, as concentrações de cádmio, mercúrio e chumbo em exemplares de *Zinnia elegans* e detectar, por método analítico, concentração de mercúrio no musgo *Sphagnum sp.* O experimento ocorreu em uma fábrica de cimento instalada na região metropolitana de Curitiba-PR em três campanhas (outono, inverno e verão). Os exemplares de *Zinnia elegans* participando como método de biomonitoramento ativo, foram expostos em cinco pontos de monitoramento, sendo 4 próximos à fábrica e 1 ponto controle, localizado em uma área mais distante. Os musgos *Sphagnum sp.* habitantes naturais da região, atuaram no método de biomonitoramento passivo e foram coletados nos mesmos 5 pontos do método ativo. Os exemplares de *Zinnia elegans* apresentaram valores acima do limite adotado para chumbo e cádmio, entretanto os sintomas visíveis para toxicidade apresentados não estão em concordância com a literatura. O musgo *Sphagnum sp* apresentou concentrações consideráveis de mercúrio, oferecendo resultados que permitem a verificação de metais nas áreas de estudo.

Palavras chaves: monitoramento biológico, metais pesados, *Sphagnum sp.*, *Zinnia elegans*

## ABSTRACT

Industrial areas cause concerns related to the development of biodiversity and people's health, due, among other factors, to atmospheric emissions containing solid and gaseous pollutants. Among the pollutants that are on the radar of environmental scholars there are heavy metals such as cadmium, mercury and lead. Since they do not present functions for the development of plants, but can cause them damage expressed by specific symptoms. Several authors present the vegetables as good developers of these symptoms, the so-called bioindicators. In addition to visually indicating the presence of pollutants, some organisms have the ability to accumulate metals and this information is used to verify the presence of these pollutants in the study of these environments. The present work aimed to evaluate the symptoms, by means of visual diagnosis and to detect, by analytical method, the concentrations of cadmium, mercury and lead in specimens of *Zinnia elegans* and to detect, by analytical method, mercury concentration in *Sphagnum sp.* moss. The experiment took place in a cement factory installed in the metropolitan region of Curitiba-PR in three campaigns (autumn, winter, and summer). The specimens of *Zinnia elegans* participating as an active biomonitoring method were exposed in five monitoring points, 4 near the factory and 1 control point, located in a more distant area. *Sphagnum sp.* mosses, natural inhabitants of the region, acted in the passive biomonitoring method and were collected at the same 5 points of the active method. The *Zinnia elegans* specimens presented values above the limit adopted for lead and cadmium, however the symptoms visible for toxicity presented do not correspond to the literature. *Sphagnum sp.* moss showed considerable mercury concentrations, offering results that allow the verification of metals in the study areas.

Keywords: biological monitoring, heavy metals, *Sphagnum sp.*, *Zinnia elegans*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - CHAVE PARA IDENTIFICAÇÃO DE SINTOMAS EM PLANTAS.....	23
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA .....	33
FIGURA 3 - A - LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	34
FIGURA 4 - FLUXOGRAMA BIOMONITORAMENTO ATIVO.....	37
FIGURA 5 - FASES DA SEMEADURA DE <i>Zinnia elegans</i> .....	38
FIGURA 6 - REPICAGEM E INSTALAÇÃO.....	38
FIGURA 7 - ETAPAS DA COLETA DE AMOSTRAS .....	40
FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA 2 - <i>Sphagnum sp</i> .....	43
FIGURA 9 - DESENVOLVIMENTO DE MUSGOS NOS PONTOS DE BIOMONITORAMENTO.....	44
FIGURA 10 - MATERIAIS UTILIZADOS PARA A COLETA DAS AMOSTRAS DE MUSGOS .....	45
FIGURA 11 - AMOSTRA DE <i>Sphagnum sp.</i> - PONTO 1 .....	45
FIGURA 12 - LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE MONITORAMENTO 1 – CONTROLE..	35
FIGURA 13 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS 2 AO 5 .....	35
FIGURA 14 - RESULTADOS PONTO 1 - CONTROLE.....	50
FIGURA 15 - RESULTADOS PONTO 2.....	51
FIGURA 16 - RESULTADOS PONTO 3.....	53
FIGURA 17 - RESULTADOS PONTO 4.....	54
FIGURA 18 - RESULTADOS PONTO 5.....	55

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS BIOINDICADORAS .....	19
QUADRO 2 - EFEITOS E SINTOMAS FOLIARES VISÍVEIS EM PLANTAS COM ALTAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS .....	24
QUADRO 3 – ORIGENS E POSSÍVEIS DANOS À SAUDE: Cd, Hg E Pb .....	28
QUADRO 4 - SINTOMAS VISÍVEIS DA TOXICIDADE POR CD, HG E PB EM PLANTAS .....	29
QUADRO 5 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA .....	30
QUADRO 6 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA .....	31
QUADRO 7 - PERÍODOS DA REALIZAÇÃO DAS CAMPANHAS .....	39
QUADRO 8 - CRONOGRAMA COM AS DATAS DAS ATIVIDADES DO BIOMONITORAMENTO .....	42
QUADRO 9 - CRONOGRAMA BIOMONITORAMENTO PASSIVO .....	46
QUADRO 10 - ESPÉCIES VEGETAIS UTILIZADAS COMO BIOINDICADORAS .....	37
QUADRO 11 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL – PONTO 1 - CONTROLE .....	49
QUADRO 12 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 2 .....	50
QUADRO 13 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 3 .....	52
QUADRO 14 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 4 .....	53
QUADRO 15 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 5 .....	54

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DENSIDADES DOS METAIS PESADOS .....	27
TABELA 2 - RESUMO DOS DADOS METEOROLÓGICOS .....	48
TABELA 3 - RELAÇÃO ENTRE DADOS METEOROLÓGICOS E INDIVÍDUOS MORTOS POR CAMPANHA .....	56
TABELA 4 - RESULTADOS ANALÍTICOS - ZINNIA ELEGANS .....	56
TABELA 5 - RESULTADOS ANALÍTICOS - SPHAGNUM SP .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cd	Cádmio
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Cu	Cobre
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
Hg	Mercúrio
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MP	Partículas de material sólido ou Material Particulado
MP <sub>10</sub>	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros
MP <sub>2,5</sub>	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrogênio
Pb	Chumbo
OMS	Organização Mundial da Saúde
SO <sub>x</sub>	Óxidos de Enxofre
VLA	Valor Limite Adotado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1.	OBJETIVO GERAL: .....	17
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1	BIOMONITORAMENTO E BIOINDICADORES .....	18
2.2	MUSGOS UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES .....	19
2.3	PLANTAS SUPERIORES UTILIZADAS COMO BIOINDICADORES.....	21
2.4	INFLUÊNCIA DO CLIMA SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETAL .....	25
2.5	COPROCESSAMENTO E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	26
2.6	METAIS PESADOS.....	26
2.6.1	CD, HG E PB E A SAÚDE HUMANA.....	29
2.7	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO DE ESTUDO.....	34
3.2	DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE BIOMONITORAMENTO .....	34
3.2.1	PONTO 1 – CONTROLE .....	35
3.2.2	PONTO 2.....	36
3.2.3	PONTO 3.....	36
3.2.4	PONTO 4.....	36
3.2.5	PONTO 5.....	36
3.3	ESCOLHA DAS ESPÉCIES .....	36
3.4	BIOMONITORAMENTO ATIVO – <i>ZINNIA ELEGANS</i> .....	37
3.4.1	SEMEADURA .....	37
3.4.2	REPICAGEM .....	38
3.4.3	INSTALAÇÃO DOS VASOS NOS PONTOS DE BIOMONITORAMENTO	39
3.4.4	ACOMPANHAMENTO - VISITAS DE MONITORAMENTO .....	39
3.4.5	COLETA DOS EXEMPLARES PARA ANÁLISES QUÍMICAS E RETIRADA DO EXPERIMENTO; .....	40
3.4.6	ANÁLISES QUÍMICAS .....	40
3.4.7	COMPILAÇÃO DOS RESULTADOS.....	40
3.4.8	CRONOGRAMA .....	41
3.5	BIOMONITORAMENTO PASSIVO - <i>SPHAGNUM SP.</i> .....	43
3.5.1	VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DA ESPÉCIE NOS PONTOS.....	43

3.5.2	COLETA DE MUSGOS DO GÊNERO <i>SPHAGNUM SP.</i> .....	44
3.5.3	ANÁLISE QUÍMICA .....	46
3.5.4	CRONOGRAMA .....	46
3.6	LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE AS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DO PERÍODO DE EXPOSIÇÃO DOS BIOINDICADORES.....	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1	ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO PERÍODO DE EXPOSIÇÃO DOS BIOINDICADORES E DE DADOS HISTÓRICOS .....	47
4.2	BIOMONITORAMENTO ATIVO - <i>ZINNIA ELEGANS</i> .....	48
4.2.1	DADOS COLETADOS NAS VISITAS DE MONITORAMENTO – DIAGNOSE VISUAL.....	48
4.2.1.1	PONTO DE MONITORAMENTO 1 - CONTROLE.....	49
4.2.1.2	PONTOS DE MONITORAMENTO 2 A 5 .....	50
4.2.2	DADOS DOS LAUDOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS .....	56
4.2.3	SINTOMAS VISUAIS X RESULTADOS ANALÍTICOS .....	58
4.3	BIOMONITORAMENTO COM <i>SPHAGNUM SP.</i> .....	59
4.3.1	DADOS DOS LAUDOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS .....	59
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	62
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE 1 .....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO 1 - LAUDOS ANALÍTICOS – <i>ZINNIA ELEGANS</i> .....</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXO 2 – LAUDOS ANALÍTICOS – <i>SPHAGNUM SP.</i>.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXO 3 - DADOS DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS – GRÁFICOS .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição do ar, de acordo com a definição de Mota (2003) é a presença de substâncias, na atmosfera, que possam causar danos aos seres vivos e aos materiais, interferir no gozo da vida e no uso da propriedade.

O Brasil ocupa a 11<sup>a</sup> posição mundial em emissões de CO<sub>2</sub>, com origem na combustão de derivados de petróleo e carvão e da indústria. Esta posição é resultado do uso de fontes mais limpas na geração de eletricidade e das fontes renováveis de parte de seus combustíveis. 1,4% das emissões mundiais, em 2015 foram geradas em terras brasileiras; China e Estados Unidos, os maiores poluidores, foram responsáveis por 43,6% (LEÃO, 2019).

A poluição atmosférica pode provocar danos a saúde humana e alterações de clima, seus impactos podem ser de ordem local, regional e global, dependendo da extensão de seus efeitos (LIMA et al, 2012)

As emissões atmosféricas de fontes industriais apresentam composições diretamente relacionadas ao(s) combustível(is) que está(ão) sendo consumido(s). Isto posto, a composição das emissões atmosféricas pode ser prevista e controlada, entretanto é imprescindível que se conheça de que forma os seres vivos expostos à estas emissões estão sendo atingidos.

A necessidade de monitorar a qualidade ambiental surgiu a partir da percepção e comprovação de alterações ambientais de origem antrópica, com objetivo de identificar as principais causas, bem como desenvolver medidas preventivas ou mitigadoras dos impactos ambientais e na saúde decorrentes de tais alterações.

Desta forma, iniciou-se a busca por técnicas e estudos que utilizassem seres vivos com a capacidade de perceber alterações do ambiente em um período específico, os bioindicadores. Estes seres, por estarem em todos os níveis de organização biológica são capazes de fornecer dados para embasar análises de risco ecológico nos ecossistemas.

O monitoramento industrial quantitativo ocorre com uso de instrumentos específicos que verificam as concentrações de poluentes emitidos. Além do monitoramento quantitativo há o Biomonitoramento, que de forma qualitativa atua como um instrumento complementar na verificação dos possíveis impactos ambientais que surgem a partir da emissão de poluentes atmosféricos.

Um estudo aprofundado sobre o comportamento dos bioindicadores diante de poluentes específicos conhecidos, aprimora e eleva a eficácia do biomonitoramento, uma vez que poderá apresentar uma gama de dados importantes e fundamentais para a leitura deste(s) comportamento(s) que muito podem contribuir na identificação dos níveis de poluentes

presentes nos seres vivos, na atmosfera, na água ou no solo e a partir destes dados traçar medidas específicas para correção das emissões destes poluentes.

Os bioindicadores podem ser animais ou vegetais, dentre os bioindicadores vegetais, ou seja, plantas capazes de fornecer respostas em relação ao nível de contaminação ambiental, estão as briófitas. Devido à falta da raiz real e do sistema vascular, as briófitas obtêm nutrientes pela superfície inteira da planta, a partir da atmosfera e da precipitação, desta forma, estes organismos de estrutura simples absorvem e acumulam alguns poluentes, como é o caso dos metais pesados.

Plantas superiores (vasculares) com estruturas mais complexas também podem ser bioindicadoras da qualidade ambiental.

Vários experimentos de biomonitoramento utilizando vegetais vasculares e avasculares para verificação de poluentes gasosos e metais pesados são realizados pelo mundo. Alguns dos bioindicadores vasculares citados são *Nicotiana tabacum* (tabaco), *Tradescantia pallida var. pupurea* (coração-roxo) e *Tillandsia capillaris* (bromélia Tillandsia). Do grupo das plantas avasculares é possível citar os musgos *Pleurozium scheberi*, *Sphagnum angustifolium* e *Sphagnum magellanicum*.

No presente estudo foram avaliadas duas espécies vegetais, sendo uma do grupo das Briófitas, o musgo *Sphagnum sp.* e outra espécie, *Zinnia elegans*, uma planta vascular da família Asteraceae.

### 1.1.OBJETIVO GERAL:

Usar bioindicadores vegetais para a verificação da persistência de cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) em área de influência de indústria cimenteira com atividade de coprocessamento.

### 1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Analisar as injúrias apresentadas por exemplares de *Zinnia elegans* expostos em pontos de monitoramento em áreas de influência de fábrica de cimento com atividade de coprocessamento;
- B. Determinar as concentrações de cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) nos exemplares da espécie *Zinnia elegans*;
- C. Investigar relação entre as concentrações dos metais avaliados e as injúrias detectadas em exemplares de *Zinnia elegans*;
- D. Identificar a presença de mercúrio em bioacumuladores das espécies *Sphagnum sp*, presentes em pontos de monitoramento em áreas de influência de fábrica.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 BIOMONITORAMENTO E BIOINDICADORES

A avaliação da qualidade ambiental de uma determinada área a partir do uso de seres vivos é denominada Biomonitoramento. Essa avaliação pode ocorrer de forma ativa ou passiva. O Biomonitoramento ativo é caracterizado pela inserção de seres vivos no ambiente que se pretende avaliar, já o modo passivo avalia respostas reveladas por seres que habitam naturalmente a área de estudo (MAKY, 2013 e SMODIŠ, B., PIGNATA, M.L., SAIKI, M. et al, 2004 e COSTA, 2018).

Embora o biomonitoramento seja uma prática comprovadamente eficiente para a avaliação da qualidade ambiental, bem como dos efeitos de poluentes sobre os seres vivos, este método deve ser uma das ferramentas de monitoramento da qualidade ambiental, juntamente com equipamentos específicos capazes de medir as concentrações dos poluentes, para que os resultados da avaliação sejam adequadamente conclusivos, além disso o biomonitoramento não pretende e não consegue substituir medições de concentrações ambientais de poluentes por meio de métodos físico-químicos, mas é capaz de fornecer informações adicionais referentes a efeitos sobre organismos vivos (KLUMPP et al., 2001 e CETESB 2015).

Os bioindicadores são considerados organismos que expressam sintomas particulares ou respostas que indiquem mudanças em alguma influência ambiental, geralmente de forma qualitativa (SILVA, 2002, ANDRÉA, 2008 e PRESTES e VICENCI, 2019).

De acordo com Prestes e Vincenci (2019) os indicadores representam características do ambiente que, se medidas, é possível quantificar a magnitude do estresse, situação do habitat e grau da resposta do ambiente frente à exposição.

Alguns organismos são mais sensíveis que outros à alterações do seu meio, entretanto, desde que possam demonstrar resultados mensuráveis a partir dos quais se possa estabelecer parâmetros de avaliação, todos os seres podem ser indicadores da qualidade ambiental (MAZZIITELLI et al., 2006 e COSTA, 2018).

Os bioindicadores devem apresentar quatro características essenciais, são elas, a viabilidade econômica para amostragem, identificação conhecida, funcionalidade e apresentação de respostas diante dos distúrbios de maneira consistente (PRESTES e VINCENCI, 2019).

A resposta dos bioindicadores frente a contaminação está relacionada a alterações de sua fisiologia, ou sua capacidade para acumular elementos ou substâncias e esta resposta é

fortemente influenciada pelas condições físicas, químicas e biológicas do ambiente (temperatura, umidade, ventos e radiação) assim como pelas condições fisiológicas, morfológicas estruturais e nutricionais (BAGLIANO, 2012, SOUZA et al, 2017 e PRESTES e VINCENCI, 2019).

As diferentes formas de comportamento e respostas que os bioindicadores podem apresentar, classificam-nos em tipos específicos de bioindicadores, conforme estão descritos no QUADRO 1.

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS BIOINDICADORAS

TIPO	CARACTERÍSTICA
Bioindicadoras	É possível identificar as respostas de forma visual com o aparecimento de injúrias como necroses, cloroses, redução no crescimento, redução no número e diâmetro das flores, entre outras.
Biosensoras	Neste caso as alterações não são visíveis, uma vez que a reação com os efeitos dos poluentes provoca alterações nas células do organismo exposto.
Bioarticuladoras ou bioacumuladoras	Ocorre a acumulação de poluentes, na forma de gases ou material particulado, nos tecidos. Os sintomas não são perceptíveis visualmente.
Biointegradoras	Estes vegetais revelam o desequilíbrio ambiental por meio de alterações nas suas populações, ou seja, quando deixam de existir ou diminuem consideravelmente num determinado ambiente poluído.

FONTE: Adaptado de Maki (2013).

Os vegetais são mais indicados para biomonitoramento em ambientes terrestres, uma vez que são mais sensíveis as perturbações e reagem à estas de forma perceptível (PRESTES e VINCENCI, 2019).

## 2.2 MUSGOS UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES

As características anatômicas dos musgos, pertencentes ao grupo das Briófitas, com ausência de raiz real e sistema avascular, faz com que a obtenção de nutrientes ocorra por meio de todas as estruturas que o constituem, a partir da atmosfera e precipitações (CHEN et al, 2010; MAKI, 2013 e SOUZA et al 2017).

De acordo com Maky (2013) e Prestes e Vincenci (2019), além da estrutura dos musgos, outros fatores que contribuem para o uso destes organismos como bioindicadores é a ampla distribuição geográfica e alta adaptabilidade em diferentes habitats.

As briófitas apresentam características decisivas para sua utilização como bioindicadores, uma vez que são de fácil colheita, são comprovadamente tolerantes à elevadas concentrações de metal e os acumulam satisfatoriamente para análises e podem ser facilmente manipulados em laboratório. Desta forma, revela a correlação simples entre a concentração de

metal acumulado e a concentração no meio onde ocorrem ou são expostos (PHILLIPS, 1980 e PRESTES e VINCENCI, 2019).

Vários estudos comprovam a eficácia dos musgos como bioacumuladores de poluentes atmosféricos, uma vez que, por sua estrutura simples, sem a presença de sistema vascular verdadeiro, o transporte de nutrientes não ocorre ao longo do desenvolvimento destes seres e, desta forma é possível acompanhar os níveis de poluição ambiental nos ambientes onde eles ocorrem (CARNEIRO, 2004 e SOUZA et al 2017).

Há experimentos realizados na década de 1990 em 25 países da Europa em que foi possível evidenciar aumento das concentrações de As, Cr, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V e Zn e de Al e Sb em 2005. Outro estudo, que avaliou as tendências temporais entre os anos de 1990 e 2010 para a emissão e deposição de metais pesados utilizando musgos, confirmou a redução na concentração dos metais avaliados e concluiu que o resultado está relacionado às políticas de redução da poluição implantadas por alguns países europeus (HARMENS et al, 2015 e SOUZA et al, 2017).

Diante desta informação, é possível constatar que a verificação de metais pesados no ambiente a partir da análise de musgos é amplamente aplicada. Níveis de Cd foram verificados por meio de metodologia de biomonitoramento com musgos, na cidade de Rio Grande – RS em 2007 por Henriques. Poluentes, como ferro (Fe), níquel (Ni) e zinco (Zn) também serviram de parâmetros para a verificação da capacidade de retenção de metais pesados pelos musgos por Gutberlet em 1989 (MAKY, 2013).

Os musgos *Sphagnum sp.* são apontados por vários estudos como eficientes bioacumuladores e, desta forma indicadores da qualidade do ar. Experimentos utilizando musgo *Sphagnum sp.* como indicador da concentração de Cd foram realizados e concluíram que estes são ideais para a verificação de metais pesados no ambiente (HENRIQUES, 2015 e SOUZA et al, 2018).

Muitos locais no mundo como, Europa, América do Norte e Ásia, têm realizado pesquisas de biomonitoramento da persistência de metais em áreas industriais, utilizando musgos como bioindicadores. Kayee et al. (2015) citam autores que concluíram que a concentração de metais pesados no tecido do musgo reflete a contaminação do metal pesado na atmosfera. Em seus estudos para verificação da capacidade dos musgos para adsorção de metais pesados presentes na atmosfera da Tailândia, Kayee et al. (2015) concluíram que as espécies de musgo utilizadas são bioindicadores para os metais avaliados (Fe, Zn, Cu e Cd).

O estudo realizado por Harmens et al (2004) em países da Europa verificou concentrações de Hg em musgos de várias espécies e encontrou valores que variaram ente 0,1

$\mu\text{g/g}$  e  $0,4 \mu\text{g/g}$ . Para estes autores o método para monitorar metais pesados utilizando musgos é barato e eficaz.

González e Pokrovsky (2014) defendem que os musgos possuem maior capacidade de adsorção de metais se comparado a outros grupos de biosorventes. Entre as quatro espécies de musgo, por eles testadas para adsorção de Cu, Cd, Ni, Pb e Zn, o *Sphagnum sp.* apresentou melhor desempenho.

Giordano et al (2012) verificaram diferentes formas de preparo de amostras de musgo *Hypnum cupressiforme*, líquen *Pseudevernia furfuracea* e filtro de celulose para avaliar o acúmulo de metais pesados, entre eles o Hg. Os bioindicadores e o filtro de celulose foram expostos por 17 semanas em quatro estações de monitoramento urbano em Nápoles, Itália. Os resultados analíticos (base seca) encontrados para concentração de Hg no musgo *Hypnum cupressiforme* foram,  $0,082\text{mg/kg}$  (pré exposição), enquanto na estação de monitoramento que encontrou maior valor acumulado de Hg (concentração final) foi de  $1,77 \text{mg/kg}$ . Subtraindo-se a concentração pré exposição, o valor acumulado foi de  $0,095 \text{mg/kg}$ . De acordo com os autores, o acúmulo de metais pesados foi maior no musgo em relação ao líquen e ao filtro de celulose.

### 2.3 PLANTAS SUPERIORES UTILIZADAS COMO BIOINDICADORES

O adequado desenvolvimento das plantas superiores, providas de estruturas completas de raiz, caule e folhas, requer concentrações ideais de nutrientes. Sintomas específicos podem surgir nas folhas, caules e frutos quando as concentrações de nutrientes atingem níveis insatisfatórios ou excessivos no interior do vegetal. A identificação e análise desses sintomas pode ser uma técnica rápida e simples de avaliação de possível deficiência, quantidades insuficientes, ou toxicidade quando se trata de concentrações elevadas destes nutrientes ou outros metais sem função específica no metabolismo vegetal. As metodologias iniciais para a realização dessa técnica, denominada diagnose visual foram desenvolvidas na Alemanha entre as décadas de 50 e 70. A partir das metodologias desenvolvidas, a diagnose visual passou a ser popularmente empregada juntamente com outras ferramentas importantes de averiguação da desordem nos vegetais, como análise química das plantas. Entretanto, há de se considerar que a diagnose visual tem limitações, uma vez que pode gerar interpretações equivocadas, pois poderá ocorrer confusão de diagnóstico quando houver deficiência ou toxicidade de mais de um elemento (FERREIRA et al, 2001).

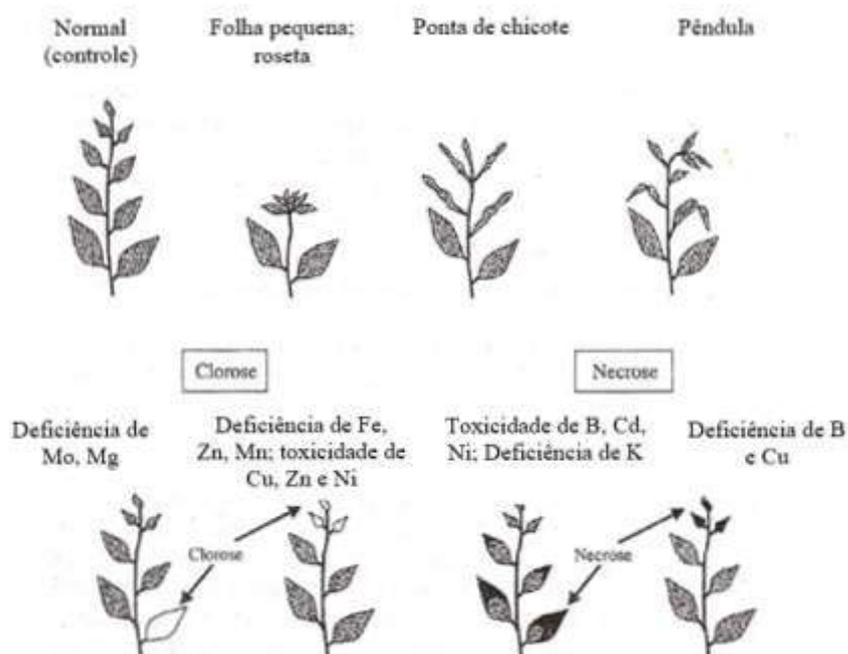
De acordo com Kirkby e Römheld (2007), a identificação de sintomas nos vegetais funciona como indicadores da presença de elementos minerais, como os metais pesados, por meio de sintomas que se revelam nas diferentes partes da planta e que podem ser detectados visualmente.

A aplicação adequada da diagnose visual para identificação de sintoma específico requer atenção em três aspectos importantes:

1. Fase de detecção - para alguns metais, os sintomas ocorrem preferencialmente durante a fase de crescimento reprodutivo, entretanto para outros metais a identificação pode ocorrer em outras fases de desenvolvimento do vegetal;
2. Sintoma relacionado a mais de uma causa - o mesmo sintoma, por exemplo a clorose foliar, pode estar relacionado ao desequilíbrio na concentração de nutrientes, presença de poluentes em níveis tóxicos ou exteriorizar uma função fisiológica típica, neste caso o sintoma típico irá desaparecer no momento oportuno do desenvolvimento daquele exemplar. Para este caso devem ser observados, além da clorose, sintomas como a necrose, coloração e deformidade de crescimento;
3. Localização do sintoma observado na planta – deve -se considerar locais como: a inserção de folhas, folhas jovens e folhas maduras. Para todos os metais, a translocação no floema é limitante, desta forma a ocorrência do sintoma é localizada, preferencialmente, nas folhas jovens.

A FIGURA 1 ilustra um exemplo de chave de identificação, proposta por Ferreira et al (2001) para diferentes tipos e localização de sintomas causados por deficiência ou toxicidade por alguns metais pesados.

FIGURA 1 - CHAVE PARA IDENTIFICAÇÃO DE SINTOMAS EM PLANTAS



FONTE: Adaptado de Ferreira et al, 2001.

Os sintomas visíveis na vegetação, desencadeados pela ação de poluentes atmosféricos é resultado do gradual acúmulo nos tecidos da planta. A entrada principal é pelas folhas, mas alguma quantidade destes poluentes no solo pode ser absorvida pelas raízes. Os agentes gasosos aparentemente entram através dos estômatos ou diretamente pelas células e posteriormente são absorvidos. Eles se movimentam com a transpiração em direção as margens das folhas onde são acumulados. Os sintomas foliares característicos como necroses e cloroses ocorrem predominantemente no ápice foliar e região marginal onde se acumulam (FIGURA 1).

No início são de coloração verde acinzentada tornando-se marrom-avermelhada com o passar do tempo, com uma linha bem definida entre o tecido saudável e o necrosado. Isso ocorre em espécies sensíveis, quando o teor foliar excede o valor máximo considerado de ocorrência normal (CETESB, 2020).

Os efeitos de elevadas concentrações de Cd, Hg e Pb nos vegetais e os sintomas visíveis nas folhas das plantas podem se apresentar de diferentes formas como, clorose e inibição de crescimento (QUADRO 2).

QUADRO 2 - EFEITOS E SINTOMAS FOLIARES VISÍVEIS EM PLANTAS COM ALTAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS

Metais pesados	Efeito nos vegetais	Sintomas nos vegetais
Cd	Desnaturação de proteínas, estresse oxidativo, danos nas membranas, redução na atividade enzimática e na fotossíntese.	Clorose
Hg	Redução na absorção de água e nutrientes minerais, redução na taxa fotossintética.	Inibição do crescimento da parte aérea
Pb	Inibição do crescimento celular, da fotossíntese e da atividade enzimática, distúrbio na nutrição mineral, mudanças no status hormonais e na permeabilidade da membrana.	Clorose

FONTE: Adaptado de CETESB (2015).

Exemplares de *Polygonum aviculare*, uma erva da família Polygonaceae, foram expostos em áreas próximas a uma fábrica de produtos químicos no norte da Itália, a partir deste experimento foi possível verificar acumulação de Hg nestes vegetais, sugerindo, desta forma, serem possivelmente utilizados como bioindicadores e também para situações que necessitem de remediação para este metal (MASSA et al., 2010 e SANTOS, 2013).

No México Central, estudo com exemplares de *Parthenium bipinnatifidum*, *Flaveria angustifolia*, *F. trinervia* da família Asteracea e *Sporobolus indicus* da família Poaceae, confirmou a capacidade destas espécies para acumulação de Pb, indicando seu uso para biomonitoramento, por bioacumulação e remediação de áreas contaminadas (FRANCO-HERNÁNDEZ et al., 2010 e SANTOS et al., 2013).

Duas, de três espécies da família Solanaceae expostas à solo contaminado por Pb, apresentaram capacidade de absorção do metal pesado, bem como apresentaram sintomas visíveis, como alterações nas folhas representadas por estrias esbranquiçadas, coloração amarelada e deformação. Desta forma, foi concluído por Santos et al (2013) a sensibilidade destas espécies a presença do Pb.

Outras plantas superiores também podem ser indicadoras da presença de metais nos ambientes por meio da bioacumulação, um exemplo, segundo Kabata-Pendias e Pendias (2001) é a espécie *Taraxacum officinale* (Dente de Leão), capaz de absorver metais pesados quando cresce em ambientes poluídos.

Um estudo de biomonitoramento realizado pela CETESB (2015) monitorou Cd, Hg e Pb por meio de biomonitoramento ativo utilizando a espécie *Cordilyne terminalis* (Dracena), os resultados apontaram que o acúmulo destes metais na Dracena foi nulo ou pequeno. O estudo sugeriu maior tempo de exposição a fim de obter resultados mais conclusivos.

Conforme sugerido por Alquini (2003) o biomonitoramento em área de influência de cimenteira utilizando exemplares de *Zinnia elegans* (Capitão), pertencente à família Asteraceae, pode ser realizado em campanhas sazonais (1 por estação do ano), com 4 visitas

semanais em cada campanha para observação e coleta de dados sobre possíveis sintomas nas plantas expostas.

## 2.4 INFLUÊNCIA DO CLIMA SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETAL

A avaliação de injúrias reveladas pelos bioindicadores deve considerar também os fatores do clima e os períodos de exposição dos bioindicadores aos poluentes que se deseja avaliar.

A influência das alterações climáticas no desenvolvimento dos seres vivos, mais especificamente dos vegetais pode ser percebida por alterações no seu desenvolvimento, por exemplo, altos índices de radiação podem disponibilizar substâncias com funções fisiológicas específicas como para o crescimento da planta e produção de frutos. Entretanto, o excesso de radiação solar pode provocar o aumento da transpiração pela planta, e conseqüentemente, o fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese (ANDRIOLO, 2000 e GIRARDI et al, 2016).

A temperatura do ar é determinada pelas incidências de radiação solar durante o dia e estão diretamente relacionadas às funções vitais das plantas, como a germinação, transpiração, respiração, fotossíntese, crescimento, floração e frutificação (AL-JAMAL, 1994 e GIRARDI et al, 2016).

Em relação à pluviosidade, que interfere no aporte hídrico, um estudo realizado por Girardi et al (2016) demonstrou que em *Alstroemeria x hybrida*, o maior aporte de água refletiu diretamente no aumento do número de hastes das plantas avaliadas, o mesmo estudo concluiu que, para esta espécie, temperaturas amenas também contribuíram para o crescimento de maior número de hastes de *Alstroemeria x hybrida*.

Segundo Kabata-Pendias e Pendias (2001) As condições climáticas influenciam a taxa de absorção de metais pesados pelas plantas, mais especificamente no fluxo de água, estes autores afirmam que em geral, quanto maior a temperatura ambiente, maior deverá ser a absorção de metais pesados. Além disso, parte dos metais pesados absorvidos pelas folhas das plantas pode ser lixiviado pela chuva. A lixiviação dos metais pesados pode estar relacionada à sua função metabólica ou associação, ou seja, quanto maior a penetração de um metal na folha, menor será a probabilidade de lixiviação deste no vegetal.

## 2.5 COPROCESSAMENTO E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

O Coprocessamento, segundo descrito em Resolução CONAMA nº 264 de 26 de agosto de 1999, é:

Técnica de utilização de resíduos sólidos industriais a partir do processamento desses como substituto parcial de matéria-prima e / ou de combustível no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação de cimento.

O Panorama do Coprocessamento Brasil 2019, ano base 2017 (ABCP, 2019) apresenta o coprocessamento como uma tecnologia sustentável que proporciona o uso de resíduos como substitutos de combustíveis tradicionais e, desta forma contribui para a preservação de recursos naturais, reduz a emissão dos gases que causam efeito estufa, diminui o passivo ambiental, possibilita o crescimento de outras tecnologias adequadas de destinação, gera empregos, contribui para a erradicação dos lixões, aumenta a vida útil dos aterros sanitários, além de não gerar novos resíduos nesse processo.

Sendo o coprocessamento um processo de combustão é imperante considerar as emissões atmosféricas originadas.

Entre os poluentes atmosféricos emitidos a partir do coprocessamento estão os óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx), metais pesados e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (RAMOS, 2015 e PRIES, 2018).

Ainda que o processo ocorra sob altas temperaturas os poluentes gerados persistem, entretanto, alguns voláteis e semi voláteis, irão compor as emissões atmosféricas enquanto outros, não voláteis, serão incorporados ao produto. O Hg, exemplo de metal volátil, é um dos emitidos pelas chaminés. Já o Cd e o Pb, metais semi voláteis, podem volatilizar e depois condensar, desta forma parte destes metais acabam incorporando ao clínquer. Os metais não voláteis, que são a maioria, permanecem e são incorporados ao clínquer (JANZEN, 2013).

Sistemas de controle e de remoção da poluição atmosférica devem ser instalados nas indústrias com o objetivo de reduzir e evitar tais emissões no ambiente (RAMOS, 2015 e PRIES, 2018).

## 2.6 METAIS PESADOS

Os elementos que pertencem ao grupo dos metais pesados, ou elementos-traço, apresentam características específicas, como possuírem número atômico maior que 20 ou apresentarem densidade maior que 4,0 g/cm<sup>3</sup>, a TABELA 1 possui informações sobre as densidades dos metais estudados, Cd, Pb e Hg (CARDOSO, 2008 e SOUZA et al., 2017).

TABELA 1 - DENSIDADES DOS METAIS PESADOS

<b>Metais</b>	<b>Densidades (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Cádmio	8,65
Chumbo	11,30 ou 11,34
Mercúrio	13,55

FONTE: Adaptada de SOUZA et al. (2017).

No meio ambiente, os metais pesados podem ter origens de fontes geológicas e das ações humanas (PEREIRA, 2010 e SOUZA et al, 2017). Alguns metais pesados participam da constituição dos tecidos de plantas e animais por meio da nutrição, como cobre (Cu), zinco (Zn), e cobalto (Co), em contrapartida, metais como o cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsênio (As) selênio (Se) e mercúrio (Hg) interferem de forma negativa na qualidade ambiental e conseqüentemente no desenvolvimento dos seres vivos (SILVA et al., 2007 e SOUZA et al., 2018).

Os metais pesados estão entre os compostos químicos tóxicos relevantes, uma vez que não apresentam características de biodegradabilidade, além de atuarem como bioacumuladores nos organismos ao longo da cadeia alimentar. Desta forma, a fauna e a flora de ambientes expostos aos metais pesados emitidos na atmosfera sofrem e são afetados pela presença destes poluentes no solo e na água (SOUZA et al., 2015 e SOUZA et al, 2017).

A bioacumulação de metais ocorre por meio do processo de contaminação de seres vivos, animais e vegetais. Tal processo provoca o desequilíbrio na disponibilidade de elementos essenciais a estes seres, alterando, desta forma processos bioquímicos vitais (SOUZA et al, 2017).

De acordo com Cardoso (2008) e Souza et al. (2017), a bioacumulação faz com que os metais pesados permaneçam de forma cumulativa ao longo da cadeia trófica nos ecossistemas onde estão presentes.

O primeiro evento de bioacumulação que chamou a atenção para os efeitos dos metais pesados no ambiente, principalmente no comportamento destes nas teias alimentares, foi o despejo de efluentes contaminados com Hg no mar em Minamata, no Japão, a partir de 1932. Muitas pessoas morreram em função da intoxicação pelo Hg que se acumulou nos peixes que serviam de alimento para a população local. A intoxicação por Hg provocou a deformação de fetos que estavam em desenvolvimento (SOUZA et al., 2018).

Com objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente das emissões antrópicas de Hg e seus compostos, foi criado um tratado internacional, a Convenção de Minamata para

o Hg. Em outubro de 2013 o texto final da Convenção de Minamata foi ratificado e assinado por 92 países, incluindo o Brasil. O tratado internacional representa um avanço para a proteção da saúde humana e do meio ambiente, entretanto apresentou, na época, períodos longos de moratória para processos e produtos que contêm Hg. Produtos como baterias, computadores, interruptores, lâmpadas fluorescentes, cosméticos, barômetros, higrômetros, manômetros, termômetros, esfigmomanômetros, pesticidas, biocidas e antissépticos não poderão ser utilizados a partir de 2021, já a produção de cloro-álcalis com células de Hg tem uso permitido até 2025 (SILVA, 2017).

A origem dos metais Cd, Hg e Pb nos ambientes pode ocorrer por fontes natural e antrópica. Uma vez presentes no ambiente, estes poluentes podem causar danos à saúde das pessoas. O QUADRO 3 contém um descritivo sobre as origens e o fluxo destes metais no ambiente.

QUADRO 3 – ORIGENS E FLUXOS NO AMBIENTE: Cd, Hg E Pb

<b>Metal</b>	<b>Origem Natural</b>	<b>Origem Antrópica</b>	<b>Fluxo no ambiente</b>
<b>Cádmio (Cd)</b>	Na natureza é encontrado em altas concentrações em rochas sedimentares, fosfatos marinhos, vulcanismo e incêndios florestais.	Mineração, produção, consumo e disposição de produtos como baterias de níquel-cádmio, pigmentos, estabilizadores de produtos de PVC, equipamentos eletrônicos, nas emissões industriais da produção de cimento e fertilizantes, incineração, entre outros.	Presente na atmosfera na forma CdO e CdCl <sub>2</sub> em MP, pode volatilizar em processos industriais que ocorrem em altas temperaturas. As formas solúveis de Cd apresentam mobilidade na água. Quando adsorvido à argila e materiais orgânicos pode entrar na cadeia alimentar caracterizando bioacumulação.
<b>Mercúrio (Hg)</b>	Sua liberação no ambiente ocorre por processos naturais (erosão e atividade vulcânica). O Hg é relativamente incomum na crosta terrestre.	As emissões antropogênicas estão relacionadas às atividades de indústrias de cloro-álcali e equipamentos elétricos e tintas e mineração.	É na forma de metilmercúrio (MeHg), que pode ser bioconcentrado em animais e acumular-se na cadeia alimentar. O fluxo do Hg no ambiente ocorre com a deposição do vapor no solo antes presente na atmosfera. A chuva se encarrega de conduzir o Hg para os corpos hídricos até atingir os seres vivos.
<b>Chumbo (Pb)</b>	É encontrado na litosfera em pequenas quantidades e geralmente associado a minérios.	Fontes móveis ou estacionárias em fundições de não-ferrosos, fábricas de baterias, siderúrgicas e refinarias e combustão de gasolina.	É encontrado na atmosfera em forma de particulado de rápida deposição ou, quando menor, transportado a longas distâncias. A deposição no solo acarreta a contaminação da água quando há ocorrência de chuvas.

FONTE: Adaptado de CETESB (2018 a ,b, c).

De acordo com Kabata-Pendias e Pendias (2001) há grande diversidade nos níveis de toxicidade, entretanto é possível afirmar que Cd, Hg e Pb estão entre os metais mais tóxicos para as plantas. A definição de concentrações tóxicas destes elementos não é tarefa fácil, mas é

possível indicar valores que oferecem aproximação ampla de possíveis quantidades prejudiciais destes elementos nas plantas.

Os sintomas visíveis de toxicidade variam para cada espécie, mas os mais comuns são os coloríficos como os apresentados no QUADRO 4.

QUADRO 4 - SINTOMAS VISÍVEIS DA TOXICIDADE POR Cd, Hg e Pb EM PLANTAS

Metal Pesado	Sintomas visíveis
Cd	Margem marrom de folhas, clorose, veias avermelhadas e folhas enroladas.
Hg	Clorose de folhas e pontos marrons nas folhas.
Pb	Folhas verdes escuras, folhas mais velhas murchas e folhagens atrofiadas.

FONTE: Adaptada de Kabata-Pendias e Pendias (2001).

### 2.6.1 Cd, Hg e Pb E A SAÚDE HUMANA

Os metais pesados Cd, Hg e Pb estão entre os mais preocupantes, pois afetam a saúde das pessoas (GUPTA,2001). Um estudo apresentado no Simpósio Nacional de Geografia da Saúde (2019) resultou na correlação entre a contaminação do solo e da água no município de Mariana (MG) com aumento de casos registrados de leucemia, câncer no pâncreas e no estômago. De acordo com este estudo, a causa pode estar relacionada com o rompimento da barragem que ocorreu naquele local e a consequente liberação dos rejeitos da mineração contendo, Cd, Hg e Pb entre outros.

Embora não apresente características para toxicidade em plantas, o Cd merece especial atenção, pois acumulado nas plantas apresentam risco tóxico para os animais. Experimento realizado demonstrou que concentrações de Cd 25 vezes acima do tratamento controle não causaram danos à exemplares de trigo, entretanto a mesma concentração poderia ser tóxica para animais e consequentemente ao ser humano (GUPTA,2001).

O contato das pessoas com o Cd ocorre pela alimentação de origem vegetal ou animal, ingestão de água e outros líquidos que contenham o elemento. Os sintomas gastrintestinais conhecidos são: náuseas, vômitos, diarreia e dores abdominais. Há registros de danos nos rins e fragilidade óssea. Outra forma de contaminação humana por Cd é por meio do hábito de fumar que pode acarretar doenças do aparelho respiratório como pneumonite, enfisema e câncer pulmonar (CETESB, 2018 a).

O Hg acessa os organismos humanos pela inalação ou pela ingestão de alimentos de origem marinha, como peixes, crustáceos entre outros. Sob a forma de MeHg é absorvido pela mucosa do trato gastrintestinal atravessando as barreiras placentárias e hematoencefálica. O consumo de alimentos contendo Hg por longos períodos e grandes quantidades causa danos ao

sistema nervoso apresentando sintomas como formigamento, falta de coordenação e dificuldade para enxergar (CETESB, 2018 b).

Mais de 80% do Pb que atinge as pessoas tem origem no consumo de alimentos, sujeiras e poeira, cuja composição apresenta este metal. O Pb afeta o sistema nervoso central e provoca sintomas como fraqueza, irritabilidade, dor abdominal, prisão de ventre e anemia. Há estudos que relacionam certas concentrações de Pb em crianças e a redução cognitiva, agressão e delinquência. O fato de levarem as mãos e objetos à boca, torna as crianças mais suscetíveis à contaminação por Pb. O metal está também presente nos cigarros e pode estar relacionado à formação de tumores (CETESB, 2018 c).

O caso de contaminação por Pb que ganhou notoriedade no Paraná foi o que ocorreu pela empresa Plumbum, responsável pelo beneficiamento e fundição do metal no município de Adrianópolis. Parte dos resíduos de mineração foi disposto diretamente sobre o solo em forma de pilha, posteriormente espalhado e coberto por solo residual. Entretanto, a cobertura foi realizada de forma que parte dos resíduos ficassem expostos e entraram em contato com animais (principalmente ovinos e bovinos) resultando na contaminação da população (KASEMODEL, 2017).

## 2.7 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

No QUADRO 5 é possível observar um resumo cronológico das legislações ambientais, em nível federal e estadual do Paraná, sobre emissão de poluentes atmosféricos e qualidade do ar.

QUADRO 5 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Requisito legal	Descrição
Resolução CONAMA nº 08/1990	Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos combustão externa em fontes fixas por faixa de potência
Resolução CONAMA nº 264/1999	Estabelece para coprocessamento em fornos rotativos de clínquer: Critérios para utilização de resíduos; Limites de emissão e monitoramento ambiental.
Resolução CONAMA nº 316/2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos
Resolução CONAMA nº 382/2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
Resolução CONAMA nº 436/2011	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02/01/2007.
Lei PR nº 13806/2002	Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar.

Requisito legal	Descrição
Resolução SEMA PR nº 016/2014	Define critérios para controle da qualidade do ar, padrões de emissão por poluente e por tipologia de fontes e padrões de qualidade do ar.
Resolução CONAMA nº 491/2018	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

FONTE: A autora (2020).

Das legislações ambientais ilustradas no QUADRO 5, as que apresentam padrões de emissão para metais aplicáveis à processos de coprocessamento em forno de clínquer são a Resolução CONAMA nº 264/1999 e a Resolução SEMA PR nº 016/2014. O QUADRO 6 apresenta uma comparação destas Resoluções.

QUADRO 6 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

POLUENTE	CONAMA nº 264/1999 (7% O <sub>2</sub> , base seca)	SEMA PR nº 016/2014 (7% O <sub>2</sub> , base seca)
HCL	1,8kg/h ou 99% redução	1,8kg/h ou 99% redução
HF	5 mg/Nm <sup>3</sup>	5 mg/Nm <sup>3</sup>
CO	100 ppmv	100 ppmv
MP	70 mg/Nm <sup>3</sup> (11% O <sub>2</sub> )	70 mg/Nm <sup>3</sup>
THC (expresso como propano)	20 ppmv	20 ppmv
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm <sup>3</sup>	0,05 mg/Nm <sup>3</sup>
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm <sup>3</sup>	0,35 mg/Nm <sup>3</sup>
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm <sup>3</sup>	0,10 mg/Nm <sup>3</sup>
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm <sup>3</sup>	0,10 mg/Nm <sup>3</sup>
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm <sup>3</sup>	1,4 mg/Nm <sup>3</sup>
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm <sup>3</sup>	7,0 mg/Nm <sup>3</sup>
Eficiência remoção PCOPs	99%	99%
Dioxinas e furanos	0,50 ng/Nm <sup>3</sup> *	0,14 ng/Nm <sup>3</sup>

FONTE: A autora (2020).

Os padrões de emissões estabelecidos pela legislação vigente para Cd, Hg e Pb, para atividade de coprocessamento, são iguais nas esferas nacional e estadual (QUADRO 6), sendo o limite para Hg, 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, para Cd, 0,10 mg/Nm<sup>3</sup> e Pb, 0,35 mg/Nm<sup>3</sup>.

A Resolução CONAMA nº 491/2018 define os padrões de qualidade do ar para os parâmetros: Partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, MP<sub>10</sub>, e MP<sub>2,5</sub>, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e chumbo (Pb). Esta Resolução, considerando as diretrizes da OMS, atualizou os padrões de qualidade do ar em nível nacional e incluiu 2 novos parâmetros: o MP<sub>2,5</sub> e Pb. Não foram definidos padrões

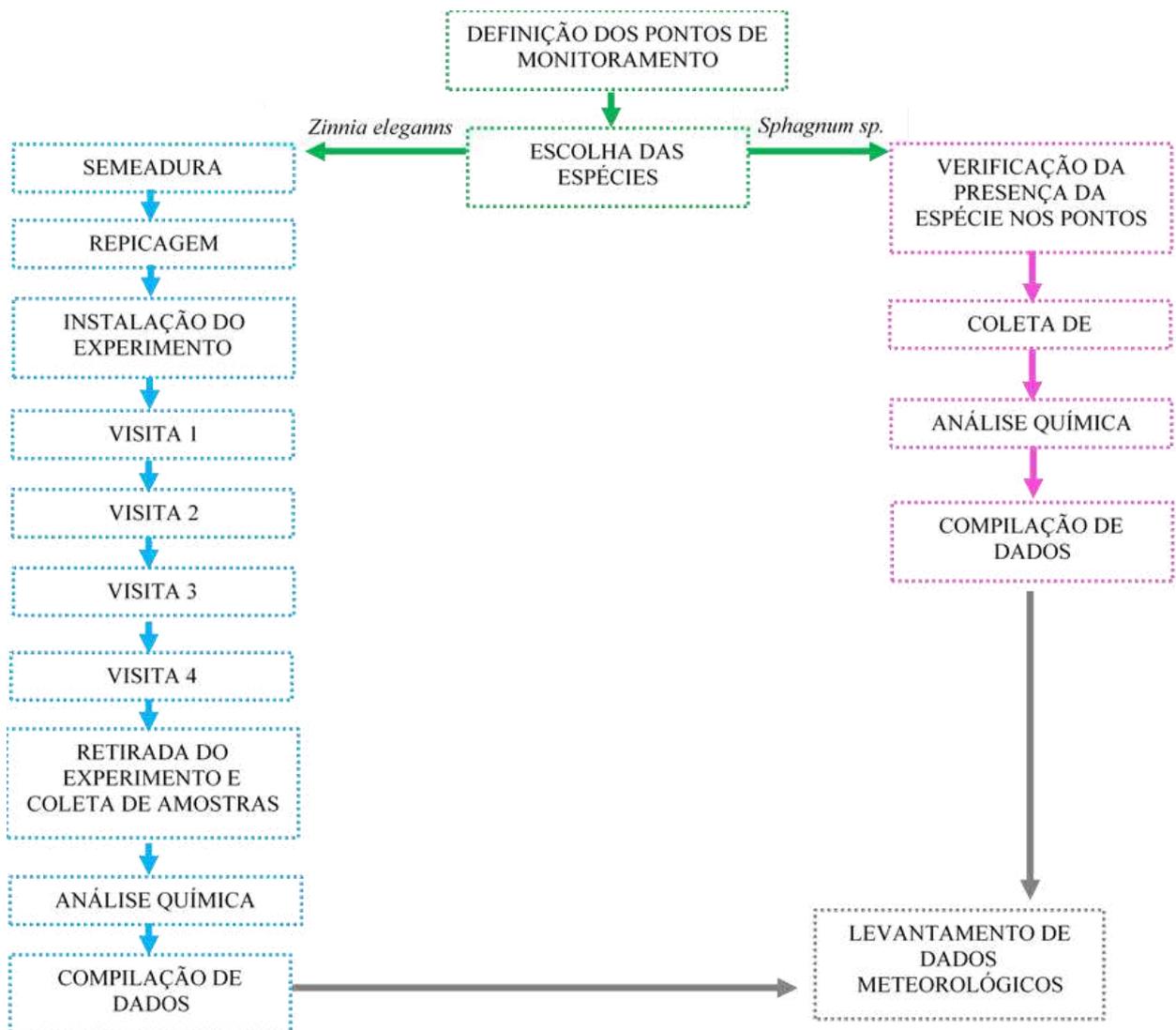
para outros metais no ar, sendo que para o parâmetro Pb o padrão de qualidade do ar é de 0,5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . De acordo com o Art. 2º da Resolução CONAMA nº 491/2018, padrão de qualidade do ar é o valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida tendo por base a metodologia de biomonitoramento elaborada pelo Professor Dr. Yedo Alquini em 2003.

O fluxograma (FIGURA 2) ilustra a metodologia desenvolvida para este trabalho.

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA



FONTE: A autora (2019).

### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO DE ESTUDO

O experimento ocorreu no município de Rio Branco do Sul – PR há 32 Km da capital Curitiba, em áreas de propriedade da única indústria cimenteira instalada na região. A FIGURA 3 ilustra a localização do município no estado do Paraná e da fábrica de cimento.

FIGURA 3 - A - LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO



Legenda: A – Localização do município no Estado do Paraná. B – Localização da fábrica de cimento no município de Rio Branco do Sul.

FONTE: Google Earth (2019).

A área ocupada pela fábrica, instalada na década de 50, é de 180 mil m<sup>2</sup>, configurando a maior fábrica de cimento da América Latina. A prática do coprocessamento teve início na década de 90, sendo pioneira no Brasil para essa tecnologia. O complexo industrial é constituído também por uma unidade localizada no município vizinho, Itaperuçu -PR e duas minerações de grande porte, localizadas em Rio Branco do Sul, minas Saivá e Itaretama, distantes da fábrica 2,6 km e 14 km respectivamente. O minério extraído na mina Saivá é levado até a fábrica por correia transportadora, já entre a mina Itaretama e a fábrica, o transporte é realizado por teleférico. Outra estrutura do complexo industrial é a CGH, localizada há aproximadamente 14 Km da fábrica.

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE BIOMONITORAMENTO

A definição dos pontos de biomonitoramento ocorreu com base no estudo de dispersão atmosférica realizado por KASKANTZIS (2009) com o objetivo de identificar pontos para a instalação de equipamentos de verificação da qualidade do ar na área de influência da fábrica.

O presente trabalho utilizou os mesmos quatro pontos de monitoramento indicados, e inseriu o ponto de monitoramento identificado como Ponto 1 – Controle.

Deste modo, os bioindicadores foram expostos em 5 pontos de monitoramento. O ponto identificado como 1 - controle, está situado há 14km de distância da fábrica. Os pontos 2, 4 e 5 ficam dentro da fábrica de cimento, enquanto o ponto 3 está localizado há 2km da fábrica. As localizações dos pontos de monitoramento podem ser observados nas FIGURAS 4 e 5.

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE MONITORAMENTO 1 – CONTROLE



FONTE: Adaptado de *Google Earth* (2019).

FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS 2 AO 5



FONTE: Adaptado de *Google Earth* (2019).

### 3.2.1 Ponto 1 – Controle

O ponto de monitoramento 1 está localizado sob as coordenadas geográficas  $25^{\circ}08'56,84''S$  /  $49^{\circ}25'18,95''O$ , em uma área de propriedade da cimenteira (FIGURA 4) distante das fontes de emissões atmosféricas e por este motivo foi definido como ponto controle.

### 3.2.2 Ponto 2

Este ponto está situado no interior da unidade da cimenteira, conforme coordenadas geográficas 25°11'29,05" S / 49°19'33,23" O e FIGURA 5 .

### 3.2.3 Ponto 3

Esse ponto está localizado na área externa da fábrica, conforme coordenadas geográficas 25°12'21,82" S / 49°19'35,09" O e FIGURA 5. Nesta localização funciona o pátio de caminhões que realizam o transporte dos produtos e matérias primas para a fábrica de cimento, desta forma o trânsito de caminhões no local é constante.

### 3.2.4 Ponto 4

Este ponto está localizado na área de preparo dos resíduos que são posteriormente enviados para coprocessamento, conforme coordenadas geográficas 25°11'35,04" S / 49°19'17,42" O e FIGURA 5. Neste local onde também se encontram o pátio de coque (combustível principal utilizado nos fornos), área de estoque de resíduos e terminal ferroviário de expedição de cimento.

### 3.2.5 Ponto 5

O ponto está localizado em área de grande altitude da cimenteira, conforme coordenadas geográficas 25°11'30,6" S / 49°19'44,85" O e FIGURA 5. O local está ao lado da esteira de correia que transporta calcário da mina Saivá para o interior da fábrica.

## 3.3 ESCOLHA DAS ESPÉCIES

A escolha da espécie para o biomonitoramento ativo foi definida com base na sugestão apresentada, no EIA e RIMA realizado para o licenciamento ambiental para coprocessamento na fábrica de cimento no ano de 1995.

A escolha para o biomonitoramento passivo ocorreu pela detecção visual da presença do musgo nos 5 pontos de monitoramento pré-definidos.

O presente trabalho utilizou duas espécies vegetais como bioindicadoras, os nomes científicos e populares destas espécies podem ser consultados QUADRO 7.

QUADRO 7 - ESPÉCIES VEGETAIS UTILIZADAS COMO BIOINDICADORAS.

Biomonitoramento	Grupo	Nome Científico	Nome Popular
Ativo	Angiosperma	<i>Zinnia elegans</i>	Capitão
Passivo	Bryophitas	<i>Sphagnum sp.</i>	Musgo Sfagno

FONTE: A autora (2019).

### 3.4 BIOMONITORAMENTO ATIVO – *Zinnia elegans*

A FIGURA 6 ilustra o fluxograma do biomonitoramento ativo realizado com a exposição de exemplares de *Zinnia elegans* nos pontos de monitoramento. No biomonitoramento ativo os bioindicadores foram previamente preparados e então instalados para exposição nas áreas definidas.

FIGURA 6 - FLUXOGRAMA BIOMONITORAMENTO ATIVO



FONTE: A autora (2020).

#### 3.4.1 Semeadura

Dois pacotes de sementes de *Zinnia elegans* da marca Topseed foram semeados em terra vegetal da marca Vitasol disposta em uma bandeja plástica com medidas 45 cm X 30 cm. Após a semeadura, foi realizada a rega e a adição de vermiculita para garantir a umidade das sementes. Em seguida, a bandeja contendo as sementes ficou 48 horas em período escuro para superação de dormência. Após este período a bandeja foi exposta à luminosidade até que as mudas atingissem aproximadamente 3cm de altura (FIGURA 7).

FIGURA 7 - FASES DA SEMEADURA DE *Zinnia elegans*

Legenda: A - Semeadura de *Zinnia elegans*. B – Período escuro. C- Mudas após 5 dias de sementeira  
 FONTE: A autora (2019).

### 3.4.2 Repicagem

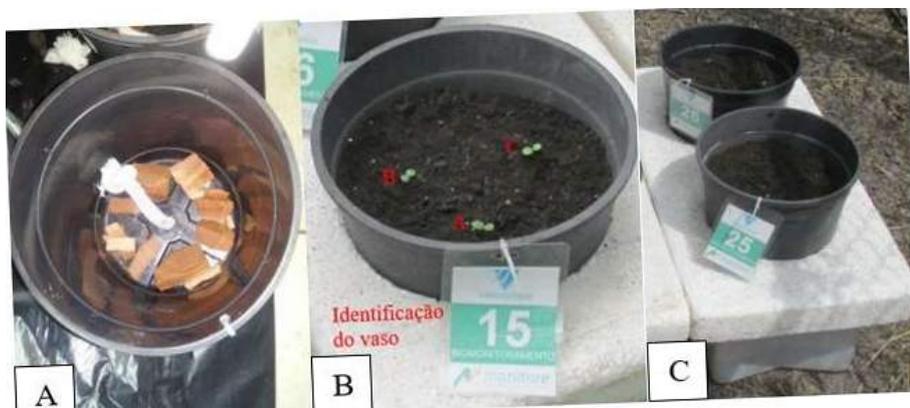
Quando as mudas atingiram aproximadamente 3 cm, ocorreu a transferência destas, da bandeja para os vasos.

A preparação dos vasos (FIGURA 8) ocorreu inicialmente com a inserção de alguns cacos de tijolos no fundo para evitar a perda exagerada de terra pelos orifícios em dias de chuva abundante. Uma corda de algodão utilizada para a capilaridade da água foi posicionada no centro do vaso. Após a inserção de terra foi espalhada vermiculita para ajudar a manter a umidade. Em seguida as mudas foram plantadas nos vasos.

Em cada um dos 5 pontos de monitoramento, ficaram expostos 3 vasos, cada um deles contendo 3 indivíduos de *Zinnia elegans*, totalizando 45 plantas expostas. Este procedimento foi repetido nas três campanhas de biomonitoramento.

Os vasos foram numerados e os indivíduos dispostos nos vasos foram identificados pelas letras A, B e C, conforme a FIGURA 8 B.

FIGURA 8 - REPICAGEM E INSTALAÇÃO



Legenda: A – preparação do vaso. B – Disposição dos indivíduos no vaso. C – Vasos instalados no ponto de monitoramento.

FONTE: A autora (2019).

### 3.4.3 Instalação dos vasos nos pontos de biomonitoramento

A estrutura completa montada para a exposição dos vasos e a realização do experimento é formada por:

- Recipiente de plástico – apresenta 60cm de largura, 30 cm de altura e 30cm de profundidade, com função de armazenar a água utilizada pelas plantas;
- Tampa de isopor – apresenta 70cm X 45cm e dois orifícios de 23cm de diâmetro, onde os vasos são encaixados. Esta tampa apresenta dupla função, enquanto dá sustentação aos vasos ao encaixar-se no recipiente de plástico de modo que a corda de algodão encoste na água, também evita o contato da água do recipiente com mosquitos da espécie *Aedes aegypti* transmissores de doenças como Dengue e Febre Amarela.
- Corda de algodão 12 mm – em cada vaso foi colocado 40 cm de corda presa por um nó. A necessidade de água é suprida por absorção por capilaridade por meio da corda de algodão.

Cada estrutura, composta pela caixa plástica, bandeja de isopor e vaso contendo as plantas foi instalada nos cinco pontos de monitoramento.

### 3.4.4 Acompanhamento - Visitas de monitoramento

Foram realizadas três campanhas de biomonitoramento, conforme pode ser observado no QUADRO 8:

QUADRO 8 - PERÍODOS DA REALIZAÇÃO DAS CAMPANHAS

<b>Campanhas</b>	<b>Período</b>
Campanha de outono	02/05/2019 a 06/06/2019
Campanha de inverno	08/08/2019 a 05/09/2019
Campanha de verão	12/02/2020 a 05/03/2020

FONTE: A autora (2019).

As coletas de dados foram realizadas semanalmente em quatro visitas por campanha, utilizando:

- Câmera fotográfica marca Canon Power shot sx530 hs;
- Termômetro;
- Lupa;

- Ficha de biomonitoramento – nesta ficha foram anotados os sintomas visuais verificados nos exemplares expostos, bem como a data da visita, a temperatura ambiente no momento, dados meteorológicos e o nível de água nos recipientes plásticos (APÊNDICE 1).

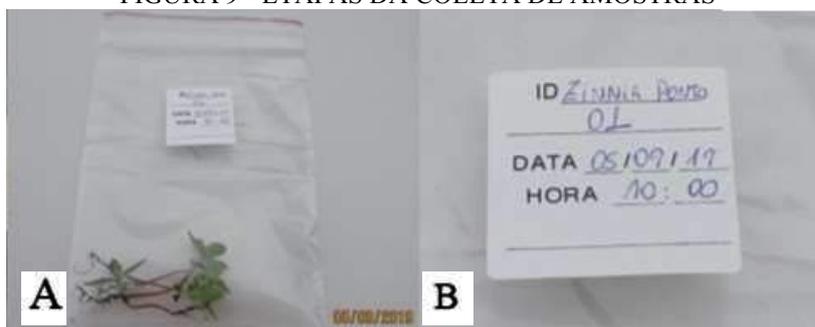
#### 3.4.5 Coleta dos exemplares para análises químicas e retirada do experimento;

Na quarta visita de cada campanha foram realizadas as coletas dos exemplares de *Zinnia elegans*, com vida, nos 5 pontos.

Os materiais utilizados nas coletas foram (FIGURA 9):

- Saco plástico zip – utilizado para acondicionar as amostras até o laboratório;
- Etiquetas adesivas – utilizadas para identificar as amostras por tipo, bem como indicar o horário e a data em que foi realizada a coleta;

FIGURA 9 - ETAPAS DA COLETA DE AMOSTRAS



Legenda: (A) acondicionamento, (B) identificação de amostra  
FONTE: A autora (2019).

#### 3.4.6 Análises Químicas

Uma vez coletadas, as amostras foram encaminhadas para o laboratório EP Analítica. Dos 15 parâmetros analisados (ANEXO 1) foram avaliados o Cd, o Pb e o Hg.

O método utilizado pelo laboratório foi o EPA 3050 B para digestão de resíduos e solos.

#### 3.4.7 Compilação dos resultados

Os valores de referências utilizados para comparação com os resultados analíticos obtidos foram os definidos por Kabata-Pendias e Pendias (2001) os quais foram utilizados por CETESB (2015). Para o Hg, o valor limite adotado (VLA) como potencial de fito-toxicidade foi de 0,5 mg/kg. Já para Pb e Cd o VLA adotado foi de 2,0 mg/kg e 0,6 mg/kg respectivamente.

### 3.4.8 Cronograma

O experimento ocorreu em três campanhas sendo, outono e inverno de 2019 e verão 2020. O QUADRO 9 ilustra o cronograma do biomonitoramento com *Zinnia elegans* contendo as datas em que foram realizadas cada uma das etapas.

QUADRO 9 - CRONOGRAMA COM AS DATAS DAS ATIVIDADES DO BIOMONITORAMENTO

<b>Cronograma do Biomonitoramento - <i>Zinnia elegans L.</i></b>																				
Atividades/Datas	abr/19			mai/19			jun/19	jul/19	ago/19				set/19	jan/20	fev/20				mar/20	
<b>Campanha de Outono</b>																				
Semeadura	5	12																		
Repicagem			22																	
Instalação			25																	
Visitas de monitoramento				2	9	16	6													
Coleta de amostras							6													
<b>Campanha de Inverno</b>																				
Semeadura								11												
Repicagem								25												
Instalação									1											
Visitas de monitoramento										8	15	22	5							
Coleta de amostras													5							
<b>Campanha de Verão</b>																				
Semeadura														12						
Repicagem															23					
Instalação																6				
Visitas de monitoramento																	12	20	27	5
Coleta de amostras																				5

FONTE: A autora (2019).

### 3.5 BIOMONITORAMENTO PASSIVO - *Sphagnum sp.*

A metodologia de biomonitoramento aplicada para a espécie de musgo utilizada foi a do tipo passivo onde são monitoradas espécies vegetais que encontram naquele ambiente fatores que propiciam seu desenvolvimento natural. A FIGURA 10 demonstra de forma ilustrativa, o fluxograma da metodologia aplicada.

FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA 2 - *Sphagnum Sp*



FONTE: A autora (2019).

Desta forma, foram coletadas amostras dos musgos que se desenvolveram naturalmente em cada um dos cinco pontos de monitoramento.

#### 3.5.1 Verificação da presença da espécie nos pontos

Na FIGURA 11 é possível observar o desenvolvimento, no solo, de musgos *Sphagnum sp.* nos cinco pontos de biomonitoramento.

FIGURA 11 - DESENVOLVIMENTO DE MUSGOS NOS PONTOS DE BIOMONITORAMENTO



Legenda: (A) Ponto 1, (B) Ponto 2, (C) Ponto 3, (D) Ponto 4, (E) Ponto 5

FONTE: A autora (2019).

### 3.5.2 Coleta de musgos do gênero *Sphagnum sp.*

Em cada campanha (outono, inverno e verão) foi realizada uma coleta de musgos nos pontos de monitoramento. As datas em que ocorreram as coletas foram 09/05/2019, 01/08/2019 e 20/02/2020.

Conforme ilustra a FIGURA12, os materiais utilizados nas coletas foram:

- Saco plástico zip – utilizado para acondicionar as amostras até o laboratório;
- Etiquetas adesivas – utilizadas para identificar as amostras por tipo, bem como indicar o horário e a data em que foi realizada a coleta;
- Pá de jardinagem – instrumento utilizado para remover os musgos do substrato.

FIGURA 12 - MATERIAIS UTILIZADOS PARA A COLETA DAS AMOSTRAS DE MUSGOS



Legenda: (A) plástico zip, (B) etiqueta de identificação, (C) pá de jardinagem  
 FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 13 ilustra as amostras coletadas acondicionadas e identificadas.

FIGURA 13 - AMOSTRA DE *Sphagnum* sp. - PONTO 1

Legenda: Amostras – A – Ponto 1, B – Ponto 2, C – Ponto 3, D – Ponto 4 e E – Ponto 5.  
 FONTE: A autora (2019).

### 3.5.3 Análise química

Uma vez coletadas, as amostras foram encaminhadas para o laboratório EP Analítica. O parâmetro definido para as análises dos musgos foi concentração de Hg (ANEXO 2) em mg/kg devido à sua característica de bioacumulação.

A metodologia utilizada para a análise do Hg foi EPA 245.7 - espectrometria de fluorescência atômica a vapor frio.

### 3.5.4 Cronograma

O QUADRO 10 contém o cronograma do biomonitoramento com o musgo *Sphagnum sp.*, contendo as datas em que foram realizadas cada uma das etapas.

QUADRO 10 - CRONOGRAMA BIOMONITORAMENTO PASSIVO

Cronograma do Biomonitoramento passivo - <i>Sphagnum sp</i>												
Atividades/Datas	mai/19			ago/19			fev/20					
<b>Campanha de Outono</b>												
Verificação dos musgos nos pontos	9											
Coleta	9											
Envio das amostras ao laboratório	10											
<b>Campanha de Inverno</b>												
Verificação dos musgos nos pontos				1								
Coleta				1								
Envio das amostras ao laboratório				2								
<b>Campanha de verão</b>												
Verificação dos musgos nos pontos										20		
Coleta										20		
Envio das amostras ao laboratório										21		

FONTE: A autora (2019).

## 3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE AS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DO PERÍODO DE EXPOSIÇÃO DOS BIOINDICADORES

O levantamento ocorreu por meio de pesquisa sobre o volume de chuva, temperaturas médias e níveis de insolação incidentes durante o período em que os bioindicadores ficaram expostos além de dados históricos. Os dados foram extraídos de gráficos (ANEXO 3) e outros meios disponíveis no *site* do INMET.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins deste trabalho, foram considerados resultados os dados obtidos a partir das análises das condições de meteorológicas no período de exposição das plantas bioindicadoras e a comparação destes com dados históricos, registros de injúrias visíveis nas plantas e os resultados analíticos dos metais pesados de Pb, Cd e Hg presentes nos exemplares de *Zinnia elegans* e Hg em *Sphagnum sp.*,

### 4.1 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO PERÍODO DE EXPOSIÇÃO DOS BIOINDICADORES E DE DADOS HISTÓRICOS

A fábrica de cimento, por questões internas, informou que não seria possível acessar os pontos de biomonitoramento para realização da campanha de primavera, desta forma o experimento teve sua continuidade no verão de 2020.

Na campanha de outono os bioindicadores ficaram expostos durante os dias 2/05 a 6/06/2019. A temperaturas média do período foi de 17,7°C, abaixo da média histórica de temperatura para o mesmo período nesta região, que é de 15,1°C. Durante o período exposto, os bioindicadores receberam, de acordo com os dados do site do INMET, uma média de 121,6 horas de insolação. Este valor médio esteve abaixo da média histórica para o período que é de 140 horas. A chuva acumulada foi de 206 mm. Os dados históricos apresentam média de precipitação acumulada de 125mm, para a região de Curitiba, neste período. (INMET, 2020).

A exposição das plantas, na campanha de inverno, ocorreu no período entre 08/08/2019 a 05/09/2019. Em relação às temperaturas médias, os dados fornecidos pelo INMET revelam 14,77°C para este período, corroborando com a média histórica (14,6°C). Para insolação, o valor de média para o período foi de 170,4 horas, próximo à média histórica que é de 173 horas. A precipitação acumulada foi de 37,5 mm, entretanto a média para a região de Curitiba no período é de 74 mm. Neste caso, é possível concluir que o mês de agosto apresentou menos chuva que o normal para este período (INMET, 2020).

A campanha de verão ocorreu no período entre 12/02/2020 a 05/03/2020. A temperatura média histórica para os meses de fevereiro e março está entre 22°C e 24°C, a temperatura média medida para o período exposto foi de 21,15°C, pouco abaixo da média histórica. Em relação às horas de insolação, a média histórica para os meses de fevereiro e março é de 140 horas, no período de exposição das plantas este número foi de 110 horas. Nos meses de fevereiro e março de 2020 a chuva acumulada foi de 54mm, sendo que a média histórica para este mesmo período

é de 175 a 200 mm. O período do experimento foi mais seco que a média histórica (INMET, 2020).

Este período de precipitação abaixo da média histórica, durante a campanha de verão, caracteriza atmosfera com umidade baixa. Um cenário como este não favorece o desenvolvimento da maioria das plantas e pode ser uma hipótese para explicar os registros de fenecimento em maior quantidade nesta campanha.

A TABELA 2 apresenta de forma resumida os dados meteorológicos no período de exposição em comparação com os dados históricos.

TABELA 2 - RESUMO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

Campanha	Temperatura média (°C)	Insolação (horas)	Pluviosidade (mm)
Outono	17,7	121,6	206
<b>Média histórica</b>	<b>15,1</b>	<b>140</b>	<b>125</b>
Inverno	14,77	170,4	37,5
<b>Média histórica</b>	<b>14,6</b>	<b>173</b>	<b>74</b>
Verão	21,1	110	54
<b>Média histórica</b>	<b>24</b>	<b>140</b>	<b>200</b>

FONTE: A autora (2019).

Os gráficos com os dados meteorológicos, retirados do site do INMET estão disponíveis no ANEXO 3.

## 4.2 BIOMONITORAMENTO ATIVO - *Zinnia elegans*

### 4.2.1 Dados coletados nas visitas de monitoramento – Diagnose visual

Os resultados obtidos a partir da observação direta dos exemplares de *Zinnia elegans* durante as visitas são apresentados organizados por pontos de monitoramento.

#### 4.2.1.1 Ponto de Monitoramento 1 - Controle

O QUADRO 11 apresenta as informações coletadas em campo, a partir de diagnose visual no Ponto de Monitoramento 1, durante as campanhas de Outono, Inverno e Verão.

QUADRO 11 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL – PONTO 1 - CONTROLE

<b>Ponto 1 – Controle</b>			
<b>Campanhas</b>	<b>Visitas Semanais</b>	<b>Período</b>	<b>Injúrias detectadas</b>
Outono	4	02/05/2019 a 06/06/2019	Fenecimento de 2 exemplares; Necrose foliar; Fenóis no caule.
Inverno	4	08/08/2019 a 05/09/2019	Fenecimento de 7 exemplares; Clorose foliar; Necrose foliar. Fenóis no caule
Verão	4	12/02/2020 a 05/03/2020	Fenecimento de 8 exemplares; Fenóis no caule; Necrose foliar; Herbivoria.

FONTE: A Autora (2019).

A escolha desse ponto se deveu ao fato de ser isento de influência direta da fonte das emissões atmosféricas da fábrica. Desta forma, este Ponto 1 representa o controle e seus dados foram utilizados como base para comparação com os resultados obtidos nos demais pontos que estão sujeitos às ações das emissões atmosféricas com origem nas fontes estacionárias e fugitivas das atividades realizadas na fábrica.

Dentre os sintomas observados está a cor roxa no caule de alguns exemplares (FIGURA 14), isso se deve a presença de compostos fenólicos. Estes compostos, geralmente são ativados por luz ultravioleta e têm funções importantes para o desenvolvimento do vegetal, tais como defesa contra insetos e fungos (TAIZ, 2004). Desta forma, neste trabalho este sintoma não foi relacionado à ação de metais no ambiente de estudo.

Outros sintomas foram observados durante as campanhas de outono, inverno e verão no Ponto 1, como necrose nos 1º e 2º pares de folhas e clorose, entretanto os exemplares presentes na quarta e última visita apresentaram aspecto geral dentro do esperado (FIGURA 14)

Nas três campanhas houve morte de indivíduos, o maior número de indivíduos mortos foi registrado na campanha de verão. O período em que ocorreu a campanha de verão apresentou chuva acumulada de cerca de 30% (54 mm) da média histórica para este mesmo período (175 a 200 mm). A temperatura média do período foi menos de 1°C abaixo da média histórica (22°C a 24°C), em relação às horas de insolação estas foram, aproximadamente 80%

(110 horas) do número de horas da média histórica (140 horas) segundo o INMET. A falta de chuva pode representar a causa do maior número de indivíduos mortos nesta campanha de verão. Outra hipótese a ser considerada para o fenecimento dos indivíduos é a ruptura das raízes de algumas plantas durante o transporte dos vasos até a cimenteira.

FIGURA 14 - RESULTADOS PONTO 1 - CONTROLE



Legenda: A – Necrose no 1º par de folhas (outono), B – Pontos de necrose (outono), C – Fenóis no caule (inverno), D – Clorose (inverno), E – Desenvolvimento dentro do esperado (inverno), F – Necrose nos 2º e 3º pares de folhas (verão)

FONTE: A autora (2020).

#### 4.2.1.2 Pontos de Monitoramento 2 a 5

No QUADRO 12 encontram-se as informações coletadas em campo a partir de diagnose visual no Ponto de Monitoramento 2 durante as campanhas de Outono, Inverno e Verão.

QUADRO 12 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 2

Ponto 2			
Campanhas	Visitas Semanais	Período	Injúrias detectadas
Outono	4	02/05/2019 a 06/06/2019	Fenecimento de 2 exemplares; Fenóis no caule; Necrose foliar ; Material Particulado acumulado no limbo.
Inverno	4	08/08/2019 a 05/09/2019	Fenecimento de 5 exemplares; Necrose foliar Material Particulado acumulado no limbo

Ponto 2			
Campanhas	Visitas Semanais	Período	Injúrias detectadas
Verão	4	12/02/2020 a 05/03/2020	Fenecimento de 14 exemplares; Necrose 1º par; Material particulado acumulado no limbo

FONTE: A autora (2020).

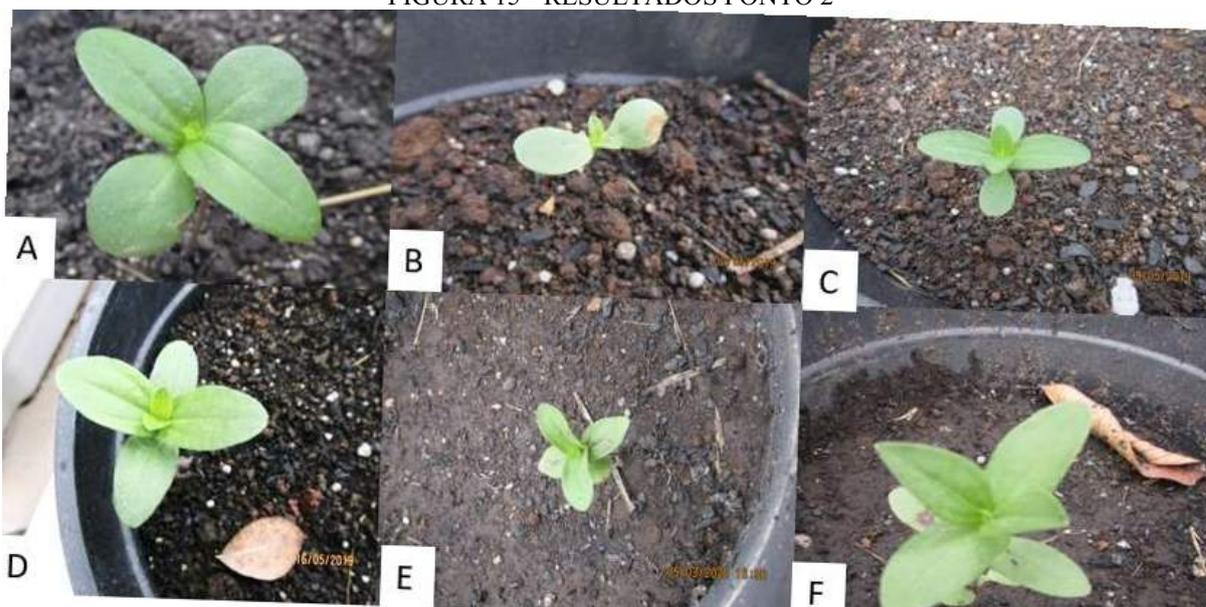
A presença de material particulado (MP) no limbo das folhas, observado no Ponto 2 é o aspecto que difere a composição atmosférica entre este e o ponto 1. Alguns metais pesados são dispersos pela atmosfera aderidos ao MP por meio dos ventos e, desta forma podem passar a compor os tecidos vegetais e, se em concentrações excessivas, causar-lhes danos. Entretanto, outros sintomas visíveis foram detectados em ambos os pontos, como necrose e a perda de exemplares, ou seja, aqueles que não sobreviveram até o final do experimento.

Assim como no Ponto 1, o número de exemplares fenecidos foi maior na campanha de verão.

Outros exemplares, contudo, apresentaram desenvolvimento dentro do esperado, sem sintomas visíveis.

Na FIGURA 15 é possível observar alguns exemplos dos resultados obtidos no Ponto 2 nas campanhas de outono, inverno e verão.

FIGURA 15 - RESULTADOS PONTO 2



Legenda: A – Vestígio de MP (outono), B – Necrose 1º par de folhas (outono), C – Ausência de injúrias aparentes (inverno), D – Ausência de injúrias aparentes (inverno), E - Vestígio de MP (verão), F – Necrose no 2º par de folhas (verão)

FONTE: A autora (2020).

As informações coletadas em campo a partir de diagnose visual no Ponto de Monitoramento 3 durante as campanhas de Outono, Inverno e Verão são observadas no QUADRO 13.

QUADRO 13 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 3

<b>Ponto 3</b>			
<b>Campanhas</b>	<b>Visitas semanais</b>	<b>Período</b>	<b>Injúrias detectadas</b>
Outono	4	02/05/2019 a 06/06/2019	Fenecimento de 3 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Necrose foliar.
Inverno	4	08/08/2019 a 05/09/2019	Fenecimento de 2 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Necrose foliar
Verão	4	12/02/2020 a 05/03/2020	Fenecimento de 3 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Herbivoria; Necrose foliar

FONTE: A Autora (2020).

Neste Ponto 3, ocorreu menor número de fenecimentos de indivíduos em relação aos demais pontos. Vestígios de MP foram observados em todas as visitas nas três campanhas, ainda que considerando as atividades de processos da cimenteira como a origem do poluente, também a escassez pluviométrica nas campanhas de inverno e verão é um fator contribuinte para esta ocorrência, uma vez que a chuva promove a remoção das partículas presentes sobre as folhas. Além deste fato, este ponto está localizado em área de grande circulação de caminhões, que representam fontes fugitivas de MP. Necrose foliar foi observada na maior parte das visitas.

As ocorrências de fenecimentos foram registradas com menor frequência nas visitas da campanha de inverno, diferente do que ocorreu nos Pontos 1 e 2.

Os resultados das campanhas de outono, inverno e verão no Ponto 3 revelaram sintomas como: necrose, injúrias ou ausência delas e vestígios de MP. Tais resultados podem ser observados na FIGURA 16.

FIGURA 16 - RESULTADOS PONTO 3



Legenda: A – Necrose 1º e 2º pares de folhas (outono), B – Necrose 1º e 2º pares de folhas (outono), C – Necrose 1º par de folhas (inverno), D – Ausência de injúrias aparentes (inverno), E – Herbivoria (verão), F – vestígios de MP (verão)

FONTE: A autora (2020).

O QUADRO 14 contém as informações coletadas em campo a partir de diagnose visual no Ponto de Monitoramento 4 durante as campanhas de Outono, Inverno e Verão.

QUADRO 14 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 4

Ponto 4			
Campanhas	Visitas semanais	Período	Injúrias detectadas
Outono	4	02/05/2019 a 06/06/2019	Fenecimento de 4 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Fenóis no caule; Clorose foliar; Necrose foliar.
Inverno	4	08/08/2019 a 05/09/2019	Fenecimento de 3 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Necrose foliar
Verão	4	12/02/2020 a 05/03/2020	Fenecimento de 9 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Necrose foliar

FONTE: A autora (2020).

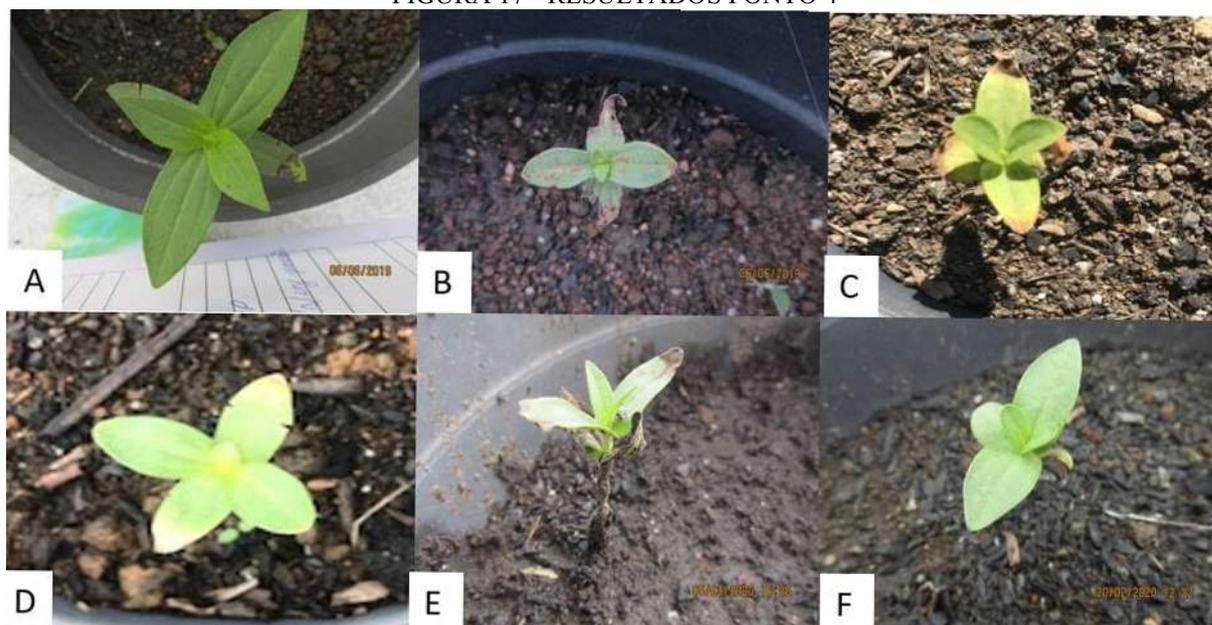
O Ponto 4 está localizado em área interna à fábrica, desta forma, neste ponto os exemplares ficaram mais suscetíveis aos poluentes atmosféricos. Entretanto, os sintomas

detectados neste Ponto 4 são os mesmos já identificados nos demais pontos, inclusive no Ponto 1 controle, sendo necrose e vestígios de MP os mais recorrentes.

A campanha de verão apresentou, assim como nos demais pontos, o maior índice de indivíduos mortos.

Os resultados evidenciados no ponto 4 durante as campanhas de outono, inverno e verão são observados na FIGURA 17.

FIGURA 17 - RESULTADOS PONTO 4



Legenda: A – Necrose 2º par de folhas (outono), B – necrose 2º e 3º pares de folhas (outono), C – Necrose 1º e 2º pares de folhas (inverno), D – Necrose 2º par de folhas (inverno), E – Necrose 1º e 2º pares de folhas (verão), F – Necrose 1º par de folhas e vestígios MP (verão)

FONTE: A autora (2020).

O QUADRO 15 apresenta as informações coletadas em campo a partir de diagnose visual no Ponto de Monitoramento 5 durante as campanhas de Outono, Inverno e Verão.

QUADRO 15 - DADOS DE DIAGNOSE VISUAL - PONTO 5

<b>Ponto 5</b>			
<b>Campanhas</b>	<b>Visitas semanais</b>	<b>Período</b>	<b>Injúrias detectadas</b>
Outono	4	02/05/2019 a 06/06/2019	Fenecimento de 4 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Fenóis no caule; Necrose foliar.
Inverno	4	08/08/2019 a 05/09/2019	Fenecimento de 5 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Necrose foliar.

Ponto 5			
Campanhas	Visitas semanais	Período	Injúrias detectadas
Verão	4	12/02/2020 a 05/03/2020	Fenecimento de 3 exemplares; Material Particulado acumulado no limbo; Necrose foliar.

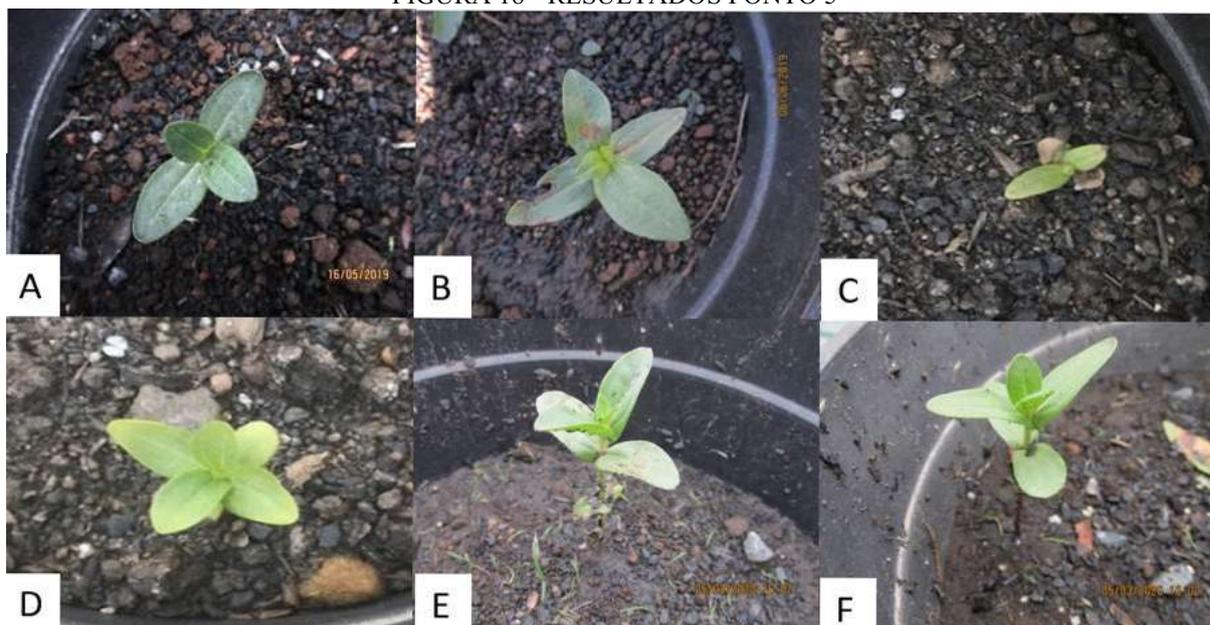
FONTE: A autora (2020).

Também no Ponto 5, os sintomas observados com maior frequência foram necrose e vestígios de MP. Houve a ocorrência maior de indivíduos mortos na campanha de inverno. A campanha de inverno apresentou valores de temperatura (14,77°C) e insolação (170,4 horas) média dentro da média histórica para o período na região, porém a precipitação acumulada (37,5 mm) ficou abaixo da média (74 mm). O Ponto 5 estava localizado dentro da fábrica, próximo às fontes de poluentes atmosféricos, sendo assim, as plantas ali expostas poderiam estar mais suscetíveis às ações deles, muito embora as emissões atmosféricas possam ser deslocadas pelas massas de ar para outros locais.

O surgimento das injúrias registradas neste ponto, bem como a morte de alguns indivíduos pode ser atribuída à pouca incidência de chuva, fator que contribui para a permanência de MP na superfície das plantas e, portanto, aumenta a absorção de metais pesados presentes nas partículas.

A FIGURA 18 tem o objetivo de demonstrar o estado de alguns dos exemplares durante as visitas nas campanhas de outono, inverno e verão.

FIGURA 18 - RESULTADOS PONTO 5



Legenda: A – Vestígios de MP (outono), B – Necrose 2º e 3º pares de folhas (outono), C – Necrose 1º par de folhas (inverno), D – Ausência de injúrias aparentes (inverno), E – Necrose 2º par de folhas (verão), F – Ausência de injúrias aparentes (verão)

FONTE: A autora (2020).

Na TABELA 3 é possível observar a relação entre os dados meteorológicos e os números de indivíduos mortos em cada campanha. Nota-se que o número de indivíduos mortos é inversamente proporcional aos volumes pluviométricos em cada campanha.

TABELA 3 - RELAÇÃO ENTRE DADOS METEOROLÓGICOS E INDIVÍDUOS MORTOS POR CAMPANHA

Campanha	Temperatura média (°C)	Insolação (horas)	Pluviosidade (mm)	Total Indivíduos mortos
Outono	17,7	121,6	206	<b>15</b>
<b>Média histórica</b>	<b>15,1</b>	<b>140</b>	<b>125</b>	
Inverno	14,77	170,4	37,5	<b>22</b>
<b>Média histórica</b>	<b>14,6</b>	<b>173</b>	<b>74</b>	
Verão	21,1	110	54	<b>37</b>
<b>Média histórica</b>	<b>24</b>	<b>140</b>	<b>200</b>	

FONTE: A autora (2020).

#### 4.2.2 Dados dos laudos das análises químicas

Os resultados das análises químicas realizadas para determinação das concentrações de Cd, Hg e Pb nos exemplares de *Zinnia elegans* nas três campanhas podem ser consultados na TABELA 4.

TABELA 4 - RESULTADOS ANALÍTICOS - *Zinnia elegans*

Pontos	Campanhas/ parâmetros	Cádmio (Cd) (mg/kg)	Chumbo (Pb) (mg/kg)	Mercúrio (Hg) (mg/kg)
Ponto 1	<b>Outono</b>	<b>1,77</b>	<b>*&lt;17,71</b>	<b>*&lt;0,30</b>
	<b>Inverno</b>	<b>*&lt;0,21</b>	<b>20,82</b>	<b>*&lt;0,20</b>
	Verão	*< 0,07	*< 0,75	*< 0,05
Ponto 2	<b>Outono</b>	<b>*&lt;0,32</b>	<b>*&lt;3,23</b>	<b>*&lt;0,30</b>
	<b>Inverno</b>	<b>*&lt;2,20</b>	<b>141,15</b>	<b>*&lt;0,40</b>
	Verão	*< 0,09	*< 0,89	*< 0,05
Ponto 3	Outono	*<0,19	*<1,91	*<0,10
	<b>Inverno</b>	<b>*&lt;0,16</b>	<b>34,82</b>	<b>*&lt;0,09</b>
	<b>Verão</b>	<b>*&lt; 0,06</b>	<b>3,09</b>	<b>*&lt; 0,05</b>
Ponto 4	Outono	*<0,52	*<5,25	*<0,50
	<b>Inverno</b>	<b>*&lt;0,40</b>	<b>65,94</b>	<b>*&lt;0,10</b>
	<b>Verão</b>	<b>*&lt; 0,09</b>	<b>6,98</b>	<b>*&lt; 0,05</b>
Ponto 5	<b>Outono</b>	<b>*&lt;1,38</b>	<b>*&lt;13,83</b>	<b>*&lt;0,30</b>

Pontos	Campanhas/ parâmetros	Cádmio (Cd) (mg/kg)	Chumbo (Pb) (mg/kg)	Mercúrio (Hg) (mg/kg)
	<b>Inverno</b>	<b>*&lt;0,67</b>	<b>71,71</b>	<b>*&lt;0,10</b>
	Verão	*< 0,06	*< 0,63	*< 0,05
<b>**Valor limite adotado (VLA)</b>		<b>0,6</b>	<b>2,0</b>	<b>0,5</b>

Legenda: \*Valores abaixo do limite de quantificação do método utilizado. \*\* Kabata-Pendias e Pendias (2001)  
FONTE: A autora (2020).

Dentre os metais analisados, o Pb foi o que apresentou resultados mais representativos em relação ao Cd e ao Hg. A maior concentração de Pb (141,15 mg/kg) ocorreu no Ponto 2, na campanha de inverno. Concentrações acima do limite adotado para Pb, que é de 2,0 mg/kg, foram encontrados em 100% dos pontos, inclusive no Ponto 1 – controle. O principal acesso dos metais pesados no tecido vegetal ocorre por absorção do MP que se deposita principalmente na superfície das folhas, mas também em outras partes das plantas. Diante deste fato, compreende-se que emissões de MP contendo Pb, originado em fontes de emissões atmosféricas próximas estão se depositando sobre os exemplares de *Zinnia elegans* expostos e acumulando-se em seus tecidos. No Ponto 1 – controle, emissões contendo Pb podem ter sido deslocadas pelas massas de ar vindas de indústrias e centros urbanos próximos e se depositam naquela área.

Em relação às campanhas, a de inverno foi a que apresentou valores acima do limite em todos os pontos, corroborando com CETESB (2015) que afirma que no inverno, devido à dificuldade de dispersão de poluentes, as concentrações se revelam maiores que em outras estações. O período de inverno em que ocorreu o experimento foi marcado por alta oscilação de temperatura e precipitação, em torno de 50% abaixo da média para o período. A baixa umidade no ar e nas plantas contribui para o aumento das concentrações de poluentes, além de que a pouca ocorrência de chuva permite a deposição e permanência de MP sobre as plantas e, desta forma, garante a absorção dos poluentes por elas. Todavia, diante da discrepância entre os valores encontrados nas três campanhas, sugere-se dar continuidade ao experimento com a exposição de exemplares de *Zinnia elegans* nos mesmos pontos de biomonitoramento por maior período e posterior análise química, com o objetivo de acompanhar os resultados obtidos e verificar a presença do Pb e outros metais na área de influência da fábrica.

No Ponto 1 - controle, foi encontrada concentração de Cd de 1,77mg/kg, acima do VLA para Cd que é de 0,6mg/kg, na campanha de outono. Este ponto, localizado fora da área de influência da fábrica e em área rural, pode receber a emissão de poluentes contendo Cd a partir do uso de fertilizantes agrícolas, por exemplo, porém, a realização de mais análises por maior período poderá elucidar a presença de metais pesados nos bioindicadores no Ponto 1 – controle.

#### 4.2.3 Sintomas visuais X Resultados analíticos

Os sintomas visuais detectados nos Pontos em que as plantas indicaram concentrações em níveis tóxicos de Pb foram necrose foliar e a presença de MP, contudo, foram registrados exemplares com ausência de injúrias aparentes e com desenvolvimento dentro do esperado. Conforme descrito por Kabata-Pendias e Pendias (2001) a toxicidade por Pb pode ser exteriorizada pelas plantas por meio de folhas verdes escuras, folhas mais velhas murchas e folhagens atrofiadas (QUADRO 3). Tais sintomas não foram observados nos exemplares expostos.

Em relação aos sintomas visuais para Cd, estes são margem marrom de folhas, clorose, veias avermelhadas e folhas enroladas (QUADRO 3). Na campanha de outono, no ponto 1, em que foi encontrada concentração acima do limite adotado foi detectada necrose foliar, caracterizada pela coloração marrom, entretanto este mesmo sintoma foi observado em outros exemplares em que a concentração de Cd apresentou-se abaixo do VLA. Desta forma, neste experimento, o sintoma necrose não pode ser relacionado à toxicidade por Cd.

### 4.3 BIOMONITORAMENTO COM *Sphagnum sp*

#### 4.3.1 Dados dos laudos das análises químicas

A TABELA 3 apresenta os resultados das análises químicas realizadas para identificação das concentrações de Hg nos exemplares de *Sphagnum sp* coletados nos cinco pontos de biomonitoramento.

TABELA 5 - RESULTADOS ANALÍTICOS - *Sphagnum sp*

<b><i>Biomonitoramento passivo - Musgo Sphagnum sp</i></b>															
Campanhas	Ponto1			Ponto 2			Ponto 3			Ponto 4			Ponto 5		
	Outono	Inverno	Verão	Outono	Inverno	Verão	Outono	Inverno	Verão	Outono	Inverno	Verão	Outono	Inverno	Verão
Coletas	mai2019	ago2019	jan2020	mai2019	ago2019	jan2020	mai2019	ago2019	jan2020	mai2019	ago2019	jan2020	mai2019	ago2019	jan2020
Parâmetro Hg(mg/kg)	*<0,2	*<0,07	*< 0,05	<b>0,1</b>	*<0,07	*< 0,05	*<0,06	*<0,06	*< 0,05	*<0,08	*<0,07	*< 0,05	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	*< 0,05

\*Legenda: concentração abaixo do limite de quantificação.

FONTE: A autora (2020).

Foram consideradas as concentrações de Hg no musgo *Sphagnum sp.* nos Pontos 2 (outono) e 5 (outono e inverno), uma vez que nos demais pontos os valores apresentados ficaram abaixo do limite de quantificação, o que significa que abaixo do valor indicado a concentração é indetectável.

Na campanha de outono, os pontos 2 e 5 apresentaram a mesma concentração de Hg, 0,1 mg/kg. Na campanha de inverno o valor apresentado no ponto 5 foi 0,2 mg/kg, ou seja, 2 vezes a concentração encontrada na campanha anterior.

O experimento realizado por Giordano et al. (2013), na Itália, encontrou valores superiores, considerando a concentração de Hg encontrada na estação de fundo (com registros de menor emissões atmosféricas) de 1,0 mg/kg e 1,77 mg/kg na estação com a maior concentração encontrada no experimento.

Na China, um estudo realizado por Sun et al (2009) encontrou concentrações de Hg em musgos de três espécies diferentes com valores entre 0,01 mg/kg e 0,06 mg/kg. De acordo com estes autores é possível afirmar, a partir das concentrações de Hg apresentadas, que estes musgos têm capacidade de retenção de Hg e que as características morfológicas destes vegetais, devido a capacidade de retenção de água, os tornam também eficazes para a retenção de metais.

O presente estudo não apurou qual é o tempo de existência dos musgos em cada um dos pontos, desta forma, não foi objetivo deste trabalho identificar qual é o tempo que os musgos avaliados levam para apresentar estas concentrações do metal pesado analisado, porém é possível verificar oscilação na concentração de Hg no Ponto 5 que apresentou acréscimo de 0,1 mg/kg no período entre outono e inverno, ou seja, a concentração aumentou em 100% num período de 3 meses e subsequente declínio, com valor de <0,05 mg/kg na campanha de verão, nove meses depois, evento possivelmente explicado devido ao maior volume de chuva em relação à campanha anterior (inverno) ocasionando a diminuição de concentração de Hg nos musgos. Os demais pontos apresentaram concentração abaixo do limite de quantificação, porém é possível observar redução nas concentrações de Hg, nos pontos 1 ao 4, desde a primeira análise, na campanha de outono (coleta em 02/05/2019) até a campanha de verão (coleta em 12/02/2020), ou seja, num período de nove meses. No verão, todos os pontos apresentaram o mesmo resultado, concentração abaixo do limite de quantificação (0,05 mg/kg). As temperaturas altas do verão promovem a dinâmica dos ventos, ascendendo as emissões atmosféricas e afastando-as do solo onde os musgos estão fixados, este processo acaba por proteger os musgos que se desenvolvem no solo.

## 5 CONCLUSÃO

A partir da observação de exemplares de *Zinnia elegans* expostas em área de influência da fábrica de cimento com coprocessamento, foram observados sintomas visualmente detectáveis, como necrose, clorose, bem como, presença de MP, estes sintomas, com exceção do MP, foram detectados em todos os pontos de biomonitoramento, inclusive no ponto 1 – controle, localizado distante dos pontos de emissões atmosféricas da fábrica.

As análises químicas realizadas nos exemplares de *Zinnia elegans* apresentaram valores acima do limite adotado para Pb (VLA = 2,0 mg/kg) em todos os pontos na campanha de inverno e para Cd (VLA = 0,6 mg/kg), no ponto 1 – controle, na campanha de outono.

Os sintomas visíveis para toxicidade por Pb, propostos por alguns autores, sendo folhas verdes escuras, folhas mais velhas murchas, folhagens atrofiadas, estrias esbranquiçadas, coloração amarelada e deformação, não foram detectados nos exemplares de *Zinnia elegans* expostos.

Clorose foi observada no ponto 1 na campanha de inverno. Neste ponto a concentração encontrada de Pb foi acima do limite adotado. O sintoma clorose foi apontado em outros estudos como indicador de toxicidade por Pb. Entretanto, nos pontos 2, 3, 4 e 5, onde as concentrações foram superiores, o sintoma clorose não foi observado nos exemplares de *Zinnia elegans*. Desta forma, este resultado foi considerado inconclusivo.

Conclui-se que a espécie *Zinnia elegans* não apresentou sintomas visíveis para a toxicidade de Pb, ou apresentou sintomas diferentes daqueles propostos pelos autores estudados. Foi comprovada a capacidade desta espécie em acumular Pb e Cd.

Em relação à concentração de Cd, acima do limite adotado encontrada no ponto 1 – controle, uma vez que se encontra fora da área de influência da fábrica, é possível atribuir à aplicação de fertilizantes em área próxima, uma vez que se trata de área rural.

Os resultados encontrados para o Hg em *Zinnia elegans* foram insuficientes, uma vez que apontaram concentração abaixo do limite de quantificação.

As concentrações de Hg detectadas no musgo *Sphagnum sp.* confrontadas com as bibliografias estudadas permitem concluir que estes podem ser considerados bioindicadores de Hg, mais especificamente, do tipo bioacumulador. O método de biomonitoramento passivo, pode ser considerado compatível a este gênero de briófitas.

Desta forma, a metodologia aplicada, neste trabalho, poderá ser repetida com objetivo de auxiliar o monitoramento da presença de metais pesados em áreas industriais.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A obtenção de dados mais conclusivos a respeito da presença e impactos do Cd, Hg e Pb na área de influência da fábrica de cimento com coprocessamento, pode ocorrer com a continuação de experimentos de biomonitoramento com análise química para construir um histórico de resultados analíticos e conhecer o comportamento da dinâmica destes elementos na área de interesse.

A metodologia aplicada para o biomonitoramento ativo deve ser ajustada com a realização de análise química dos bioindicadores antes da exposição aos pontos de biomonitoramento e com a submissão de contaminação induzida para os parâmetros desejados, para determinar concentrações limites de toxicidade específicos para *Zinnia elegans*, uma vez que estes dados não foram encontrados na literatura e esta espécie é economicamente viável e de manipulação simples, características buscadas em bioindicadores.

Em estudos futuros, sugere-se ainda, a aplicação do biomonitoramento ativo por maior período de exposição para verificação de possíveis sintomas visíveis em *Zinnia elegans*.

## REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Panorama do Coprocessamento Brasil 2019: Coprocessamento – Uma tecnologia sustentável**. São Paulo: ABCP, 2019. 20 p. Ano base 2017. Disponível em: <<http://bps.com.br/abcp/panorama/2019/#p=9>> Acesso em: 10/03/2020.

AL-JAMAL, K. **Greenhouse cooling in hot countries**. Energy, v.19, n.11, p. 1187-1192, 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0360-5442\(94\)90075-2](https://doi.org/10.1016/0360-5442(94)90075-2)> Acesso em: 12 jun. 2019.

ALQUINI, Y., ALVES, V. **Análise dos efeitos de poluentes de fábrica de cimento em plantas bioindicadoras na região de Curitiba**. In: 51º Congresso Nacional de Botânica, 2000, Brasília. Resumos. Brasília: SBB, 2000. v. 1. p. 1.

ALQUINI, Y. **Relatório de Biomonitoramento**. Monitore Engenharia e Planejamento Ambiental. 2003. Relatório técnico.

ANDRÉA, M.M. de. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_4/Bioindicadores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm)>. Acesso em: 17 mai. 2020.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido**. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.26-33, Suplemento, 2000.

AQUINO et al. **Bioindicadores Vegetais: Uma Alternativa para Monitorar a Poluição Atmosférica**. Escola Politécnica. UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), 2011. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/3629>> Acesso em: 10 abr. 2020.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 8, de 6 de dezembro de 1990. Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos combustão externa em FONTES fixas por faixa de potência**. Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, p. 383-384, 28 dez. 1990.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 264, de 26 de Agosto de 1999. Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos**. Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil no 54, Brasília, DF, p. 80-83, 20 mar. 2000. Seção 1.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.** Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil no 224, Brasília, DF, p. 669-682, 20 nov. 2002.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 382, de 26 de Dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.** Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil no 1, Brasília, DF, p. 131-137, 2 jan. 2007. Seção 1.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 436, de 22 de Dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedidos de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.** Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil no 247, Brasília, DF, p. 304-311, 26 dez. 2011.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar.** Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil no 223, Brasília, DF, p. 155-156, 21 nov. 2018.

COSTA, W. R. **Utilização de líquens no monitoramento ativo e passivo da poluição atmosférica.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) Universidade do Triângulo Mineiro. Uberaba (MG), 2018. Disponível em: <[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFTM\\_a9479cb5defbfe3b30e543a95121d5c3](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFTM_a9479cb5defbfe3b30e543a95121d5c3)> Acesso em: 03 mar.2019.

BAGLIANO, R. V. **Principais organismos utilizados como Bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais.** Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, vol.2 n.1 jul - dez 2012. Disponível em: <<https://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/113>> Acesso em: 03 mar. 2020.

CARDOSO, M. L. Metais pesados. 2008. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/química/metais-pesados/>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

CARNEIRO, R. M. A. **Bioindicadores vegetais de Poluição Atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade.** Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) – Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto – SP,2004.

CETESB a. - **Ficha de informação toxicológica. Cádmi e seus compostos.** 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2018/05/C%C3%A1dmio.pdf>> Acesso em: 02/04/2020.

CETESB b. - **Ficha de informação toxicológica. Mercúrio e seus compostos.** 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2019/06/Merc%C3%Meurcio.pdf>> Acesso em: 02/04/2020.

CETESB c. - **Ficha de informação toxicológica. Chumbo e seus compostos.** 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Chumbo.pdf>> Acesso em: 02/04/2020.

CETESB. **Efeitos da poluição atmosférica na vegetação.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/solo/efeitos-da-poluicao/>> Acesso em: 17/05/2020.

CETESB. **Biomonitoramento da vegetação na região de Cubatão: fluoreto, cádmio, chumbo, mercúrio e níquel 2012 - 2013,** São Paulo, 2015. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Veg\\_Web\\_24-04.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Veg_Web_24-04.pdf)> Acesso em: 04/04/2020.

CHEN, Y.E., YUAN S., SU, Y.Q., WANG L. **Comparison of heavy metal accumulation capacity of some indigenous mosses in Southwest China cities: a case study in Chengdu city.** PLANT SOIL ENVIRON., 56, 2010 (2): 60–66. Sichuan Province, P.R. China, 2010.

FERREIRA, M. E. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** CNPq/FAPESP/POTAFOS, Jaboticabal – SP, 2001.

GIORDANO S., et al. **Accumulation of airborne trace elements in mosses, lichens and synthetic materials exposed at urban monitoring stations: Towards a harmonisation of the moss-bag technique.** Chemosphere v. 90, p. 292–299, 2012. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere)> Acesso em: 12 ago. 2019.

GIRARDI, B. L et al. **Influência da temperatura e da irrigação no número de hastas totais de Alstroemeria x hybrida.** Revista Interdisciplinar de ensino, pesquisa e extensão, Cruz Alta (RS) v. 4 n°1. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3637/GIRARDI%2C%20LEONITA%20BEATRIZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 10 abr. 2020.

GONZALEZ, A. G.; POKROVSKY, O. S. **Metal adsorption on mosses: Toward a universal adsorption model.** Journal of Colloid and Interface Science, v.415, p.169–178, 2014.

GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E., CRUZ, M.C.P, RAJI, B. e ABREU, C.A **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Capítulo 2, CNPq/FAPESP/POTAFOS, Jaboticabal – SP, 2001. p.13-41.

GUPTA V. **Poluição de metais pesados gerados por veículos em um ambiente urbano e sua distribuição em vários componentes ambientais.** In: Shukla V., Kumar N. (eds) Preocupações ambientais e desenvolvimento sustentável. Springer, Singapura, 2010.

HARMENS, H.; NORRIS, D. A.; SHARPS, K.; MILLS, G.; ALBER, R.; ALEKSIAYENAK, Y.; BLUM, O.; CUCU-MAN, S. M.; DAM, M.; TEMMERMAN, L.; ENE, A.; FERNANDEZ, J. A.; MARTINEZ-ABAIGAR, J.; FRONTASYEVA, M.; GODZIK, B.; JERAN, Z.; LAZO, P.; LEBLOND, S.; LIIV, S.; MAGNUSSON, S. H.; MANKOVSKA, B.; KARLSSON, G. P.; PIISPANEN, J.; POIKOLAINEN, J.; SANTAMARIA, J. M.; SKUDNIK, M.; SPIRIC, Z.; STAFILOV, T.; STEINNES, E.; STIHI, C.; SUCHARA, I.; THONI, L.; TODORAN, R.; YURUKOVA, L.; ZECHMEISTER, H. G. **Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some “hotspots” remain in 2010.** Environmental Pollution, v.200, p.93-104, 2015.

HENRIQUES, A. R., SANCHES-FILHO, P. J. **Avaliação atmosférica de cádmio no distrito industrial da cidade de Rio grande através do *Sphagnum recurvum* P. Beauv.** Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 27, N.2, p. 281-291, Abr./Jun. 2015.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>> Acesso em 12/05/2019.

JANZEN, K. **Possibilidade da destinação de resíduos industriais gerados no Brasil pelo modelo de coprocessamento utilizado em fornos de clínquerização na Alemanha.** 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado em Meios Ambiente Urbano e Industrial) – Setor de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná, Universidade de Stuttgart e Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial do Paraná, Curitiba (PR), 2013. Disponível em: <[https://portal.ufpr.br/teses\\_acervo.html](https://portal.ufpr.br/teses_acervo.html)> Acesso em: 15/07/2019.

KABATA-PENDIAS, A e PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants.** 3rd. Boca Raton: CRC Press, 2001. 331 p.

KASEMODEL, M. C. **Avaliação Integrada Contaminação por Metais Potencialmente Tóxicos em Área de Disposição de Resíduo de Mineração de Chumbo – Adrianópolis (PR)**. 2017.225 f. Tese de Doutorado – escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde05122017094900/publico/TeseKasemodelMarianaConsiglioCorrig.pdf> Acesso em 12/10/2020.

KASKANTZIS, G. N. **Estudo de Dispersão Votorantim Cimentos – Unidade Rio Branco do Sul/PR**. 2009. Relatório técnico.

KAYEE, P.; SONGPHIM, W.; PARKPEIN, A. Using thai native moss as bio-adsorbent for contaminated heavy metal in air. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.197, p.1037–1042, 2015.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility**. Proceedings 543, The International Fertiliser Society, P. O. Box 4, York, YO32 5YS, Reino Unido. Tradução: Suzana Oellers Ferreira, Engenheira Agrônoma, Goiânia, GO 2007.

KLUMPP, A., ANSEL, W., KLUMPP, G., FOMIN, A. **Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet)**. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 24, n.4 (suplemento), p. 511-518, 2001. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010084042001000500005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010084042001000500005&script=sci_arttext&tlng=pt)> Acesso em: 10 abr.2019.

LEÃO, R. **A Agenda 2030 das Nações Unidas e as Energias Renováveis no Brasil**. Revista Radar. Edição de Ago. 2019.

LIMA et al. **Poluição atmosférica e clima: refletindo sobre os padrões de qualidade do ar no brasil**. Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.555 – 564 , 2012.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2001.

MASSA, N. et al. **Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy**. Ecotoxicology and Environmental Safety, Italy, v.73, n. 8, p. 1988-1997, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.08.032> >Acesso em: 12 abr. 2020.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 205-233p.

NAKANO V. H. **Emissões atmosféricas de mercúrio em fornos de clínquer para a produção de cimento com atividade de coprocessamento de resíduos**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Setor de engenharia química, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

PARANÁ. SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Estado). **Lei nº 13.806, de 30 de setembro de 2002. Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar**. Diário Oficial 6327, Curitiba, PR, 01 out. 2002.

PARANÁ. SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Estado). **Resolução nº 16, de 26 de março de 2014. Define critérios para controle da qualidade do ar, padrões de emissão por poluente e por tipologia de FONTE e padrões de qualidade do ar**. Diário Oficial 9187, Curitiba, PR, p 48-100, 15 abr. 2014.

PEREIRA A. A.; BORGES, J. D. LEANDRO, W. M. **Metais pesados e micronutrientes no solo e em folhas de Brachiaria decumbens às Margens de rodovias**. Bioscience Journal, Uberlândia, v.26, n. 3, p. 347-357, 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7093>> Acesso em: 10 mai. 2020.

PHILLIPS, D J.H. **Quantitative aquatic biological indicators: their use to monitor trace metal and organochlorine pollution**. United Kingdom: N. p., 1980. Web.

PRESTES, R. M., VINCENCI, K.L. **Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental**. Revista Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v. 2, n. 4 , p. 1473-1493, 2019. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/3258>> Acesso em: 12 mar. 2020.

PRIES, R. T. A. **Uso do lodo de esgoto para coprocessamento em fornos de clínquer**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Setor de engenharia química, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

RAMOS, M. **Estudo da Formação, Emissão e Dispersão de Poluentes na Atmosfera Originários do Coprocessamento de Resíduos em Fábrica de Cimento**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Itajubá, Itajubá (MG), 2015. Disponível em: <<http://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/249>> Acesso em: 12 mar.2020

SANTOS, T. J.; ZAMPIERON, S. L. M.; ZAMPIERON, J. V. **Biomonitoramento do chumbo, via espectroscopia por energia dispersiva, em plantas medicinais**. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 5, n. 1, p. 27-36, 2013. Disponível em: <[www.agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br](http://www.agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br)> Acesso em: 10 abr. 2020.

SIMPOSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE, 9., 2019, Blumenau. **Análise dos possíveis efeitos na incidência de neoplasias referentes a intoxicação por metais pesados após o desastre ambiental da Samarco em Mariana – MG**. Brasília: Universidade de Brasília. 2019.

SILVA, M. L.S., VITTI, G. C., TREVIZAM, A. R. **Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação**, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n4/11.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2020.

SILVA et al. **Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo**. Saúde Debate, Rio de Janeiro, v. 41, n. especial, p. 50-62, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sdeb/v41nspe2/0103-1104-sdeb-41-spe2-0050.pdf>> Acesso em: 29 jul. 2020.

SIQUEIRA, L. C. G. **Avaliação do impacto das emissões de metais gerados no coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento – USP** Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-10092008-144735/pt-br.php>> Acesso em: 10 mar. 2019.

SMODIŠ, B., PIGNATA, M.L., SAIKI, M. et al. **Validation and Application of Plants as Biomonitorers of Trace Element Atmospheric Pollution**. A Co-Ordinated Effort in 14 Countries. J Atmos Chem 2004 49: 3. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10874-004-1210-2>. Acesso em: 22 mai. 2019.

SOUZA A. K. R.; MORASSUTI, C. Y. e DEUS, W. B. **Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores**. Revista Acta Biomedica Brasiliensia, v. 9, n 3, 2018. Disponível em: <[www.actabiomedica.com.br](http://www.actabiomedica.com.br)> Acesso em: 23 mar.2019.

SOUZA et al. **Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas**. R. Bras. Agrociência, Pelotas - RS, v.17, n.2-4, p.167-173, 2011. Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v17n2/artigo01.pdf>> Acesso em: 04 abr 2020.

SOUZA, E. F. NOBREGA M. A.S., PONTES M.S. **Musgos como Bioindicadores de Metais Pesados no Ambiente**. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Acta Biomedica Brasiliensia. v. 8, nº 2, 2017. Disponível em :<[www.actabiomedica.com.br](http://www.actabiomedica.com.br)> Acesso em: 06 fev.2019.

SOUZA, V. L. B.; LIMA, V.; HAZIN, C. A.; FONSECA, C. K. L.; SANTOS, S. O. **Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão**. Brazilian Journal of Radiation Sciences, v.3, p.01-13, 2015. Disponível em: <<https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/135>> Acesso em: 12 mar. 2019.

SUN, SQ., WANG, DY., HE, M. et al. **Monitoring of atmospheric heavy metal deposition in Chongqing, China—based on moss bag technique**. Environ Monit Assess (2009) 148: 1. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10661-007-0133-1>> Acesso em: 15 mar. 2019.

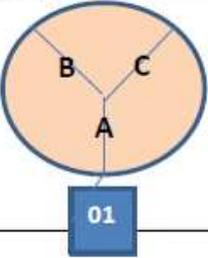
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.317-318.

VOTORANTIM CIMENTOS RIO BRANCO DO SUL, EIA/RIMA – **Estudo de Impacto Ambiental**. 1995. Relatório técnico.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Rio Branco do Sul abriga a maior fábrica de cimentos da América Latina**. 2015. Disponível em: <<http://www.votorantimcimentos.com/pt-BR/media-center/news/Paginas/rio-branco-do-sul-is-home-to-the-largest-cement-plant-in-latin-america.aspx>> Acesso em: 19 jul. 2020.

VUKOVIĆ, G. et al. **Active moss biomonitoring for extensive screening of urban air pollution: Magnetic and chemical analyses**. Science of The Total Environment, 2015.

## APÊNDICE 1

REGISTRO DE ACOMPANHAMENTO DO BIOMONITORAMENTO				
Campanha	VERÃO	2020	__ 2ª __ Visita de campo	Data: __ / __ / __
PONTO 01 - CONTROLE				
COORDENADAS: _____				
Dados Gerais				
Equipe: _____				
Temperatura °C: _____				
Tempo:   __ Sol   __ Chuva   __ Garoa   __ Neblina   __ Nublado   __ Instável				
Espécies Utilizadas: <i>Zinnia elegans</i>				
Nível de Água nos reservatórios:           __ Normal   __ Baixo   __ Seco __ Alto				
<b>Zinnia Elegans</b> Vasos nºs: 01 02 03				
V 01)				
V 02)				
V 03)				
OBSERVAÇÕES: _____				

**ANEXO 1 - LAUDOS ANALÍTICOS – *Zinnia elegans***

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 14403/2020.0.A  
Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 1 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199159
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 12:30*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:49

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,88 %	---	0,05	---	10,99	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	11,19 mg/kg	1	0,75	0,37	0,22	1622
Boro (B)	7440-42-8	10,81 mg/kg	1	0,75	0,37	0,22	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,07 mg/kg	1	0,07	0,04	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	1,86 mg/kg	1	0,75	0,37	0,04	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	1,12 mg/kg	1	0,75	0,37	0,02	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	11,56 mg/kg	1	0,75	0,37	0,23	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 14402/2020.0 Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

### DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

### DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

### DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 2 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199160
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:48

### RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)
% de Sólidos	---	99,70 %	---	0,05	---	10,97
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Bário (Ba)	7440-39-3	15,33 mg/kg	1	0,89	0,45	0.306643357017373
Boro (B)	7440-42-8	8,02 mg/kg	1	0,89	0,45	0.160452919369556
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,09 mg/kg	1	0,09	0,04	N.A.
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Cromo (Cr)	7440-47-3	8,82 mg/kg	1	0,89	0,45	0.176498211306511
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Níquel (Ni)	7440-02-0	1,07 mg/kg	1	0,89	0,45	0.0213937225826074
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Zinco (Zn)	7440-66-6	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.

Limite(s):

Conclusão:

Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
12/03/2020	13/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
13/03/2020	23/03/2020	Metais: EPA 6010 D - 2018 / SMWW 23rd ed. 3120 B	---
13/03/2020	17/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:  
Coordenador Metais - Patricia Silva dos Santos - CRQ IV: 04161690



**RELATÓRIO DE ENSAIO N° 14402/2020.0**  
**Proposta Comercial N° PC1525/2019.2**

*Edísio Pereira Figueiredo*

**Edísio Pereira Figueiredo**

Diretor Técnico

CRQ IV Região - 04263329

**Chave de Validação: 5ce18e4c8b1547e6a2390669eaf13e4a**

Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse o Portal myLIMS e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 14401/2020.0.A  
Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 3 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199161
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 14:30*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:48

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,85 %	---	0,05	---	10,98	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	29,81 mg/kg	1	0,57	0,29	0,6	1622
Boro (B)	7440-42-8	9,38 mg/kg	1	0,57	0,29	0,19	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	3,09 mg/kg	1	0,57	0,29	0,06	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	5,03 mg/kg	1	0,57	0,29	0,1	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	7,67 mg/kg	1	0,57	0,29	0,15	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	3,26 mg/kg	1	0,57	0,29	0,07	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	22,83 mg/kg	1	0,57	0,29	0,46	1622

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 14400/2020.0.A  
Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 4 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199162
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 16:00*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:47

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,59 %	---	0,05	---	10,95	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	36,08 mg/kg	1	0,85	0,43	0,72	1622
Boro (B)	7440-42-8	13,87 mg/kg	1	0,85	0,43	0,28	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,09 mg/kg	1	0,09	0,04	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	6,98 mg/kg	1	0,85	0,43	0,14	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	4,34 mg/kg	1	0,85	0,43	0,09	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	8,59 mg/kg	1	0,85	0,43	0,17	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	4,94 mg/kg	1	0,85	0,43	0,1	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	23,57 mg/kg	1	0,85	0,43	0,47	1622

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 5 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199163
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 15:30*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:47

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,30 %	---	0,05	---	10,92	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	35,57 mg/kg	1	0,63	0,31	0,71	1622
Boro (B)	7440-42-8	20,38 mg/kg	1	0,63	0,31	0,41	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	2,44 mg/kg	1	0,63	0,31	0,05	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	5,00 mg/kg	1	0,63	0,31	0,1	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	2,19 mg/kg	1	0,63	0,31	0,04	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	29,69 mg/kg	1	0,63	0,31	0,59	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 26110/2019.0.A**  
**Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 01 - Linha	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 67051
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 06/06/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 11/06/2019 10:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 27/06/2019 17:17

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	14,65 %	---	0,05	---	1,61	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	30,11 mg/kg	1	17,71	8,86	0,6	1622
Boro (B)	7440-42-8	67,30 mg/kg	1	17,71	8,86	1,35	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 1,77 mg/kg	1	1,77	0,89	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,3 mg/kg	1	0,3	0,2	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 17,71 mg/kg	1	17,71	8,86	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	162,94 mg/kg	1	17,71	8,86	3,26	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO9116-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 02 - Linha	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 67052
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 06/06/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 11/06/2019 10:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 27/06/2019 17:17

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	15,35 %	---	0,05	---	1,69	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	19,06 mg/kg	1	3,23	1,62	0.381276481347987	1622
Boro (B)	7440-42-8	58,48 mg/kg	1	3,23	1,62	1.16967869701671	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,32 mg/kg	1	0,32	0,16	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	5,17 mg/kg	1	3,23	1,62	0.10339701189098	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	5,49 mg/kg	1	3,23	1,62	0.109859325134166	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,3 mg/kg	1	0,3	0,2	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 3,23 mg/kg	1	3,23	1,62	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	39,10 mg/kg	1	3,23	1,62	0.781939902425532	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO9116-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 26112/2019.0.A**  
**Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 03 - Linha	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 67053
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 06/06/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 11/06/2019 10:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 27/06/2019 17:17

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	37,41 %	---	0,05	---	4,12	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	4,97 mg/kg	1	1,91	0,96	0,1	1622
Boro (B)	7440-42-8	9,94 mg/kg	1	1,91	0,96	0,2	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,19 mg/kg	1	0,19	0,10	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,1 mg/kg	1	0,1	0,07	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 1,91 mg/kg	1	1,91	0,96	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	26,76 mg/kg	1	1,91	0,96	0,54	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO9116-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 26113/2019.0.A**  
**Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 04 - Linha	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 67054
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 06/06/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 11/06/2019 10:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 27/06/2019 17:17

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	11,02 %	---	0,05	---	1,21	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	19,94 mg/kg	1	5,25	2,62	0,4	1622
Boro (B)	7440-42-8	40,40 mg/kg	1	5,25	2,62	0,81	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,52 mg/kg	1	0,52	0,26	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,5 mg/kg	1	0,5	0,2	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 5,25 mg/kg	1	5,25	2,62	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	75,03 mg/kg	1	5,25	2,62	1,5	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO9116-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 26114/2019.0.A**  
**Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 05 - Linha	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 67055
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 06/06/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 11/06/2019 10:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 27/06/2019 17:17

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	15,26 %	---	0,05	---	1,68	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	41,48 mg/kg	1	13,83	6,91	0,83	1622
Boro (B)	7440-42-8	62,23 mg/kg	1	13,83	6,91	1,24	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 1,38 mg/kg	1	1,38	0,69	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,3 mg/kg	1	0,3	0,2	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 13,83 mg/kg	1	13,83	6,91	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	125,83 mg/kg	1	13,83	6,91	2,52	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO9116-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 47934/2019.0.A**  
**Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Zinnia Ponto 01	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 110543
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/09/2019 14:00*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/09/2019 11:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 30/09/2019 08:04

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	24,51 %	---	0,05	---	2,7	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 2,14 mg/kg	1	2,14	1,07	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 2,14 mg/kg	1	2,14	1,07	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	36,89 mg/kg	1	2,14	1,07	0,74	1622
Boro (B)	7440-42-8	51,10 mg/kg	1	2,14	1,07	1,02	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,21 mg/kg	1	0,21	0,11	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	20,82 mg/kg	1	2,14	1,07	0,42	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 2,14 mg/kg	1	2,14	1,07	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	9,35 mg/kg	1	2,14	1,07	0,19	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	13,17 mg/kg	1	2,14	1,07	0,26	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,2 mg/kg	1	0,2	0,1	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 2,14 mg/kg	1	2,14	1,07	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	9,48 mg/kg	1	2,14	1,07	0,19	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 2,14 mg/kg	1	2,14	1,07	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 2,14 mg/kg	1	2,14	1,07	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	38,94 mg/kg	1	2,14	1,07	0,78	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO16403-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 47935/2019.0.A**  
**Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Zinnia Ponto 02	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 110544
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/09/2019 10:00*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/09/2019 11:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 30/09/2019 08:04

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	11,31 %	---	0,05	---	1,24	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 21,97 mg/kg	1	21,97	10,98	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 21,97 mg/kg	1	21,97	10,98	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	485,36 mg/kg	1	21,97	10,98	9,71	1622
Boro (B)	7440-42-8	839,12 mg/kg	1	21,97	10,98	16,78	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 2,20 mg/kg	1	2,20	1,10	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	141,15 mg/kg	1	21,97	10,98	2,82	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 21,97 mg/kg	1	21,97	10,98	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	222,94 mg/kg	1	21,97	10,98	4,46	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	525,70 mg/kg	1	21,97	10,98	10,51	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,4 mg/kg	1	0,4	0,2	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 21,97 mg/kg	1	21,97	10,98	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	113,87 mg/kg	1	21,97	10,98	2,28	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 21,97 mg/kg	1	21,97	10,98	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 21,97 mg/kg	1	21,97	10,98	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	1379,69 mg/kg	1	21,97	10,98	27,59	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO16403-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 47938/2019.0.A  
Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Zinnia Ponto 05	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 110547
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/09/2019 10:50*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/09/2019 11:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 30/09/2019 08:05

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	35,71 %	---	0,05	---	3,93	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 6,71 mg/kg	1	6,71	3,36	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 6,71 mg/kg	1	6,71	3,36	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	133,51 mg/kg	1	6,71	3,36	2,67	1622
Boro (B)	7440-42-8	107,25 mg/kg	1	6,71	3,36	2,14	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,67 mg/kg	1	0,67	0,34	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	71,71 mg/kg	1	6,71	3,36	1,43	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 6,71 mg/kg	1	6,71	3,36	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	29,38 mg/kg	1	6,71	3,36	0,59	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	51,16 mg/kg	1	6,71	3,36	1,02	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,1 mg/kg	1	0,1	0,07	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 6,71 mg/kg	1	6,71	3,36	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	28,58 mg/kg	1	6,71	3,36	0,57	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 6,71 mg/kg	1	6,71	3,36	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 6,71 mg/kg	1	6,71	3,36	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	122,94 mg/kg	1	6,71	3,36	2,46	1622

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO16403-1/2019.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Zinnia Ponto 04	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 110546
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/09/2019 11:10*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/09/2019 11:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 30/09/2019 08:04

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	34,48 %	---	0,05	---	3,79	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 4,00 mg/kg	1	4,00	2,00	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 4,00 mg/kg	1	4,00	2,00	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	207,74 mg/kg	1	4,00	2,00	4,15	1622
Boro (B)	7440-42-8	96,16 mg/kg	1	4,00	2,00	1,92	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,40 mg/kg	1	0,40	0,20	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	65,94 mg/kg	1	4,00	2,00	1,32	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 4,00 mg/kg	1	4,00	2,00	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	39,50 mg/kg	1	4,00	2,00	0,79	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	64,45 mg/kg	1	4,00	2,00	1,29	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,1 mg/kg	1	0,1	0,07	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 4,00 mg/kg	1	4,00	2,00	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	37,29 mg/kg	1	4,00	2,00	0,75	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 4,00 mg/kg	1	4,00	2,00	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 4,00 mg/kg	1	4,00	2,00	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	189,51 mg/kg	1	4,00	2,00	3,79	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO16403-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 47936/2019.0.A  
Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Zinnia Ponto 03	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 110545
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/09/2019 11:50*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/09/2019 11:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 30/09/2019 08:04

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	55,65 %	---	0,05	---	6,12	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 1,58 mg/kg	1	1,58	0,79	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 1,58 mg/kg	1	1,58	0,79	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	115,95 mg/kg	1	1,58	0,79	2,32	1622
Boro (B)	7440-42-8	27,81 mg/kg	1	1,58	0,79	0,56	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,16 mg/kg	1	0,16	0,08	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	34,82 mg/kg	1	1,58	0,79	0,7	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 1,58 mg/kg	1	1,58	0,79	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	24,18 mg/kg	1	1,58	0,79	0,48	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	41,89 mg/kg	1	1,58	0,79	0,84	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,09 mg/kg	1	0,09	0,04	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 1,58 mg/kg	1	1,58	0,79	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	18,95 mg/kg	1	1,58	0,79	0,38	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 1,58 mg/kg	1	1,58	0,79	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 1,58 mg/kg	1	1,58	0,79	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	96,98 mg/kg	1	1,58	0,79	1,94	1622

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO16403-1/2019.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 1 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199159
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 12:30*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:49

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,88 %	---	0,05	---	10,99	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	11,19 mg/kg	1	0,75	0,37	0,22	1622
Boro (B)	7440-42-8	10,81 mg/kg	1	0,75	0,37	0,22	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,07 mg/kg	1	0,07	0,04	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	1,86 mg/kg	1	0,75	0,37	0,04	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	1,12 mg/kg	1	0,75	0,37	0,02	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	11,56 mg/kg	1	0,75	0,37	0,23	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	< 0,75 mg/kg	1	0,75	0,37	N.A.	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 14402/2020.0 Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

### DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

### DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

### DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 2 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199160
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:48

### RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)
% de Sólidos	---	99,70 %	---	0,05	---	10,97
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Bário (Ba)	7440-39-3	15,33 mg/kg	1	0,89	0,45	0.306643357017373
Boro (B)	7440-42-8	8,02 mg/kg	1	0,89	0,45	0.160452919369556
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,09 mg/kg	1	0,09	0,04	N.A.
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Cobre (Cu)	7440-50-8	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Cromo (Cr)	7440-47-3	8,82 mg/kg	1	0,89	0,45	0.176498211306511
Merúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Níquel (Ni)	7440-02-0	1,07 mg/kg	1	0,89	0,45	0.0213937225826074
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.
Zinco (Zn)	7440-66-6	< 0,89 mg/kg	1	0,89	0,45	N.A.

Limite(s):

Conclusão:

Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
12/03/2020	13/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
13/03/2020	23/03/2020	Metais: EPA 6010 D - 2018 / SMWW 23rd ed. 3120 B	---
13/03/2020	17/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:  
Coordenador Metais - Patricia Silva dos Santos - CRQ IV: 04161690

**RELATÓRIO DE ENSAIO N° 14402/2020.0**  
**Proposta Comercial N° PC1525/2019.2**

*Edísio Pereira Figueiredo*

**Edísio Pereira Figueiredo**

Diretor Técnico

CRQ IV Região - 04263329

**Chave de Validação: 5ce18e4c8b1547e6a2390669eaf13e4a**

Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse o Portal myLIMS e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 14401/2020.0.A  
Proposta Comercial Nº PC1525/2019.2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 3 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199161
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 14:30*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:48

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,85 %	---	0,05	---	10,98	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	29,81 mg/kg	1	0,57	0,29	0,6	1622
Boro (B)	7440-42-8	9,38 mg/kg	1	0,57	0,29	0,19	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	3,09 mg/kg	1	0,57	0,29	0,06	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	5,03 mg/kg	1	0,57	0,29	0,1	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	7,67 mg/kg	1	0,57	0,29	0,15	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	3,26 mg/kg	1	0,57	0,29	0,07	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,57 mg/kg	1	0,57	0,29	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	22,83 mg/kg	1	0,57	0,29	0,46	1622

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 4 - Zínnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199162
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 16:00*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:47

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,59 %	---	0,05	---	10,95	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	36,08 mg/kg	1	0,85	0,43	0,72	1622
Boro (B)	7440-42-8	13,87 mg/kg	1	0,85	0,43	0,28	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,09 mg/kg	1	0,09	0,04	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	6,98 mg/kg	1	0,85	0,43	0,14	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	4,34 mg/kg	1	0,85	0,43	0,09	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	8,59 mg/kg	1	0,85	0,43	0,17	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	4,94 mg/kg	1	0,85	0,43	0,1	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,85 mg/kg	1	0,85	0,43	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	23,57 mg/kg	1	0,85	0,43	0,47	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Luiza Barcellos	
<b>E-mail:</b> Luiza.barcellos@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1559

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 5 - Zinnia Elegans	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 199163
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 05/03/2020 15:30*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 10/03/2020 10:30	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 24/03/2020 13:47

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	99,30 %	---	0,05	---	10,92	1062
Antimônio (Sb)	7440-36-0	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Arsênio (As)	7440-38-2	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Bário (Ba)	7440-39-3	35,57 mg/kg	1	0,63	0,31	0,71	1622
Boro (B)	7440-42-8	20,38 mg/kg	1	0,63	0,31	0,41	1622
Cádmio (Cd)	7440-43-9	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1622
Chumbo (Pb)	7439-92-1	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Cobalto (Co)	7440-48-4	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Cobre (Cu)	7440-50-8	2,44 mg/kg	1	0,63	0,31	0,05	1622
Cromo (Cr)	7440-47-3	5,00 mg/kg	1	0,63	0,31	0,1	1622
Mercúrio (Hg)	7439-97-6	< 0,05 mg/kg	1	0,05	0,03	N.A.	1087
Molibdênio (Mo)	7439-98-7	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Níquel (Ni)	7440-02-0	2,19 mg/kg	1	0,63	0,31	0,04	1622
Prata (Ag)	7440-22-4	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Selênio (Se)	7782-49-2	< 0,63 mg/kg	1	0,63	0,31	N.A.	1622
Zinco (Zn)	7440-66-6	29,69 mg/kg	1	0,63	0,31	0,59	1622

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por ICP-OES (S) BCO5536-1/2020.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Antimônio (Sb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Arsênio (As)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Bário (Ba)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Boro (B)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cádmio (Cd)	< 0,050 mg/kg	0,050	0,025
Chumbo (Pb)	< 0,50 mg/kg	0,50	0,25
Cobalto (Co)	< 0,150 mg/kg	0,150	0,075

**ANEXO 2 – LAUDOS ANALÍTICOS – *Sphagnum sp***

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 01 - PCH	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 53136
<b>Id do Projeto:</b>	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 09/05/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 14/05/2019 10:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 21/05/2019 17:49

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	29,20 %	---	0,05	---	3,21	1062
% de Umidade	---	70,80 %	---	0,05	---	7,79	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,2 mg/kg	1	0,2	0,09	N.A.	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO6772-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL4235-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 04 - Área de Preparo	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 53139
<b>Id do Projeto:</b>	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 09/05/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 14/05/2019 10:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 21/05/2019 17:49

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	64,09 %	---	0,05	---	7,05	1062
% de Umidade	---	35,91 %	---	0,05	---	3,95	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,08 mg/kg	1	0,08	0,04	8E-05	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO6772-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL4235-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 02 - Praça Ambiental.	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 53137
<b>Id do Projeto:</b>	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 09/05/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 14/05/2019 10:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 21/05/2019 17:49

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	57,93 %	---	0,05	---	6,37	1062
% de Umidade	---	42,07 %	---	0,05	---	4,63	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	0,1 mg/kg	1	0,09	0,04	0,0002	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO6772-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL4235-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 03 - Tacaniça	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 53138
<b>Id do Projeto:</b>	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 09/05/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 14/05/2019 10:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 21/05/2019 17:49

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	86,82 %	---	0,05	---	9,55	1062
% de Umidade	---	13,18 %	---	0,05	---	1,45	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO6772-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL4235-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 05 - CTLD	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 53140
<b>Id do Projeto:</b>	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 09/05/2019*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 14/05/2019 10:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 21/05/2019 17:49

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	81,28 %	---	0,05	---	8,94	1062
% de Umidade	---	18,72 %	---	0,05	---	2,06	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	0,1 mg/kg	1	0,06	0,03	0,0002	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO6772-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL4235-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 02 - Musgo	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 92513
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento Musgos	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 01/08/2019 11:40*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 06/08/2019 15:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 26/08/2019 17:39

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	73,60 %	---	0,05	---	8,1	1062
% de Umidade	---	26,40 %	---	0,05	---	2,9	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,07 mg/kg	1	0,07	0,03	7E-05	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO13957-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL9653-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 03 - Musgo	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 92514
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento Musgos	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 01/08/2019 17:00*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 06/08/2019 15:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 26/08/2019 17:39

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	86,90 %	---	0,05	---	9,56	1062
% de Umidade	---	13,10 %	---	0,05	---	1,44	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO13957-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL9653-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

Limite(s):

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 01 - Musgo	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 92512
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento Musgos	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 01/08/2019 15:00*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 06/08/2019 15:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 26/08/2019 17:39

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	73,79 %	---	0,05	---	8,12	1062
% de Umidade	---	26,21 %	---	0,05	---	2,88	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,07 mg/kg	1	0,07	0,03	N.A.	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO13957-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL9653-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 05 - Musgo	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 92516
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento Musgos	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 01/08/2019 12:40*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 06/08/2019 15:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 26/08/2019 17:39

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	94,97 %	---	0,05	---	10,45	1062
% de Umidade	---	5,03 %	---	0,05	---	0,55	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	0,2 mg/kg	1	0,05	0,03	0,0004	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO13957-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL9653-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Paulo Rodrigo Calaca	
<b>E-mail:</b> paulo.calaca@vcimentos.com	<b>Telefone:</b> 41 3355-1958

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Ponto 04 - Musgo	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 92515
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento Musgos	
<b>Matriz:</b> Resíduo Sólido*	<b>Data da Amostragem:</b> 01/08/2019 12:40*
<b>Local Amostragem:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 06/08/2019 15:50	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 26/08/2019 17:39

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	69,52 %	---	0,05	---	7,65	1062
% de Umidade	---	30,48 %	---	0,05	---	3,35	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,07 mg/kg	1	0,07	0,04	8E-05	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO13957-1/2019.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL9653-1/2019.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	100 %	80-120

**Limite(s):**

**Legenda**

\*\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Monitore Engenharia e Planejamento	
<b>Endereço:</b> Rua Fernando Simas, 1177 - Bigorrihlo - Curitiba - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Musgo Ponto 05	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 192559
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Solo*	<b>Data da Amostragem:</b> 20/02/2020 10:50*
<b>Local Amostragem:</b> Votorantim Cimentos - Rio Branco *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 22/02/2020 12:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 11/03/2020 15:31

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	67,58 %	---	0,05	---	7,43	1062
% de Umidade	---	32,42 %	---	0,05	---	3,57	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,07 mg/kg	1	0,07	0,04	N.A.	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO5209-1/2020.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL3954-1/2020.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	104 %	80-120

Limite(s):

**Legenda**

\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**Certificações**

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 10931/2020.0.A Proposta Comercial Nº PC1877/2019.1

A EP ENGENHARIA DO PROCESSO possui as seguintes certificações:

- ISO 9.001:2015 - Certificado nº **QS-336-SAO**;
- ISO 14.001:2015 - Certificado nº **EN-150-SAO**;
- ISO/IEC 17.025:2017 - Acreditação nº **CRL 0361**;
- REBLAS - Habilitação **REBLAS nº 086**;
- INEA - CCL nº **IN038580**;
- IAP - CCL nº **IAP 019R**;
- IMASUL - CCL nº **003/2019**;
- ONIP - Certificado nº **10986**;
- IPAAM - Cadastro nº **119/17 – PJ**;
- FEPAM - CCLAAM nº **00065/2017**.

As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.

**Regra de decisão:** A incerteza de medição foi considerada para mais ao declarar a conformidade com a especificação, norma ou critério definido no item Limite(s) deste laudo.

### Conclusão

Ref.	Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1087	10/03/2020	11/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:

Coordenador Metais - Joseane Santos Alves - CRQ IV: 04453570



**Edísio Pereira Figueiredo**

Diretor Técnico

CRQ IV Regão - 04263329

**Chave de Validação: 46a7ab50ab6746859dc097a4a1a2b145**

Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse portal.mylimsweb.com e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

**DADOS DO CONTRATANTE**

<b>Empresa:</b> Monitore Engenharia e Planejamento	
<b>Endereço:</b> Rua Fernando Simas, 1177 - Bigorriho - Curitiba - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

**DADOS REFERENTES À AMOSTRA**

<b>Identificação da Amostra:</b> Musgo Ponto 02	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 192556
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Solo*	<b>Data da Amostragem:</b> 20/02/2020 10:00*
<b>Local Amostragem:</b> Votorantim Cimentos - Rio Branco *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 22/02/2020 12:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 11/03/2020 15:32

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	66,49 %	---	0,05	---	7,31	1062
% de Umidade	---	33,51 %	---	0,05	---	3,69	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,08 mg/kg	1	0,08	0,04	N.A.	1087

**Controle de Qualidade**

**Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO5209-1/2020.0**

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

**ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL3954-1/2020.0**

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	104 %	80-120

Limite(s):

**Legenda**

\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

**Abrangência**

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

**Data de realização das análises**

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

**Plano de Amostragem**

Responsabilidade do Cliente

**Certificações**

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 10934/2020.0.A Proposta Comercial Nº PC1877/2019.1

A EP ENGENHARIA DO PROCESSO possui as seguintes certificações:

- ISO 9.001:2015 - Certificado nº **QS-336-SAO**;
- ISO 14.001:2015 - Certificado nº **EN-150-SAO**;
- ISO/IEC 17.025:2017 - Acreditação nº **CRL 0361**;
- REBLAS - Habilitação **REBLAS nº 086**;
- INEA - CCL nº **IN038580**;
- IAP - CCL nº **IAP 019R**;
- IMASUL - CCL nº **003/2019**;
- ONIP - Certificado nº **10986**;
- IPAAM - Cadastro nº **119/17 – PJ**;
- FEPAM - CCLAAM nº **00065/2017**.

As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.

**Regra de decisão:** A incerteza de medição foi considerada para mais ao declarar a conformidade com a especificação, norma ou critério definido no item Limite(s) deste laudo.

### Conclusão

Ref.	Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1087	10/03/2020	11/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:

Coordenador Metais - Joseane Santos Alves - CRQ IV: 04453570



**Edísio Pereira Figueiredo**

Diretor Técnico

CRQ IV Regão - 04263329

**Chave de Validação: d27a6ae03b40768c8abdb9b2f041fa**

Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse [portal.mylimsweb.com](http://portal.mylimsweb.com) e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Monitore Engenharia e Planejamento	
<b>Endereço:</b> Rua Fernando Simas, 1177 - Bigorrihlo - Curitiba - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Musgo Ponto 04	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 192558
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Solo*	<b>Data da Amostragem:</b> 20/02/2020 11:10*
<b>Local Amostragem:</b> Votorantim Cimentos - Rio Branco *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 22/02/2020 12:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 11/03/2020 15:31

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	58,59 %	---	0,05	---	6,45	1062
% de Umidade	---	41,41 %	---	0,05	---	4,55	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,09 mg/kg	1	0,09	0,04	N.A.	1087

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO5209-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL3954-1/2020.0

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	104 %	80-120

Limite(s):

Legenda

\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

Abrangência

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

Data de realização das análises

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

Plano de Amostragem

Responsabilidade do Cliente

Certificações

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 10932/2020.0.A Proposta Comercial Nº PC1877/2019.1

A EP ENGENHARIA DO PROCESSO possui as seguintes certificações:

- ISO 9.001:2015 - Certificado nº **QS-336-SAO**;
- ISO 14.001:2015 - Certificado nº **EN-150-SAO**;
- ISO/IEC 17.025:2017 - Acreditação nº **CRL 0361**;
- REBLAS - Habilitação **REBLAS nº 086**;
- INEA - CCL nº **IN038580**;
- IAP - CCL nº **IAP 019R**;
- IMASUL - CCL nº **003/2019**;
- ONIP - Certificado nº **10986**;
- IPAAM - Cadastro nº **119/17 - PJ**;
- FEPAM - CCLAAM nº **00065/2017**.

As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.

**Regra de decisão:** A incerteza de medição foi considerada para mais ao declarar a conformidade com a especificação, norma ou critério definido no item Limite(s) deste laudo.

### Conclusão

Ref.	Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1087	10/03/2020	11/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:

Coordenador Metais - Joseane Santos Alves - CRQ IV: 04453570

  
**Edísio Pereira Figueiredo**  
Diretor Técnico  
CRQ IV Regão - 04263329

**Chave de Validação: 2d11c3340ac1422f945e941dff241d53**

Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse [portal.mylimsweb.com](http://portal.mylimsweb.com) e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

<b>Empresa Solicitante:</b> Votorantim Cimentos S.A	
<b>Endereço:</b> Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
<b>Nome do Solicitante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

DADOS DO CONTRATANTE

<b>Empresa:</b> Monitore Engenharia e Planejamento	
<b>Endereço:</b> Rua Fernando Simas, 1177 - Bigorriho - Curitiba - Paraná	
<b>Nome do Contratante:</b> Greice Keli Corrêa	
<b>E-mail:</b> greice@monitore.com.br	<b>Telefone:</b> 41 3339-7097

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

<b>Identificação da Amostra:</b> Musgo Ponto 03	<b>Código da Etiqueta Nº</b> 192557
<b>Id do Projeto:</b> Biomonitoramento	
<b>Matriz:</b> Solo*	<b>Data da Amostragem:</b> 20/02/2020 11:50*
<b>Local Amostragem:</b> Votorantim Cimentos - Rio Branco *	<b>Responsável pela Coleta:</b> Contratante
<b>Data da entrada no laboratório:</b> 22/02/2020 12:00	<b>Data de emissão do R.E.:</b> 11/03/2020 15:32

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	88,11 %	---	0,05	---	9,69	1062
% de Umidade	---	11,89 %	---	0,05	---	1,31	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,06 mg/kg	1	0,06	0,03	N.A.	1087

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO5209-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL3954-1/2020.0

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	104 %	80-120

Limite(s):

Legenda

\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

Abrangência

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

Data de realização das análises

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

Plano de Amostragem

Responsabilidade do Cliente

Certificações

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 10933/2020.0.A Proposta Comercial Nº PC1877/2019.1

A EP ENGENHARIA DO PROCESSO possui as seguintes certificações:

- ISO 9.001:2015 - Certificado nº **QS-336-SAO**;
- ISO 14.001:2015 - Certificado nº **EN-150-SAO**;
- ISO/IEC 17.025:2017 - Acreditação nº **CRL 0361**;
- REBLAS - Habilitação **REBLAS nº 086**;
- INEA - CCL nº **IN038580**;
- IAP - CCL nº **IAP 019R**;
- IMASUL - CCL nº **003/2019**;
- ONIP - Certificado nº **10986**;
- IPAAM - Cadastro nº **119/17 - PJ**;
- FEPAM - CCLAAM nº **00065/2017**.

As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.

**Regra de decisão:** A incerteza de medição foi considerada para mais ao declarar a conformidade com a especificação, norma ou critério definido no item Limite(s) deste laudo.

### Conclusão

Ref.	Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1087	10/03/2020	11/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:

Coordenador Metais - Joseane Santos Alves - CRQ IV: 04453570



**Edísio Pereira Figueiredo**

Diretor Técnico

CRQ IV Regão - 04263329

**Chave de Validação:** bda727752fb44628945b67f93af14d0

Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse portal.mylimsweb.com e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa Solicitante: Votorantim Cimentos S.A	
Endereço: Avenida Ermirio de Moraes, 380 - Tacanica - Rio Branco do Sul - Paraná - CEP: 83.540-000 - Brazil	
Nome do Solicitante: Greice Keli Corrêa	
E-mail: greice@monitore.com.br	Telefone: 41 3339-7097

DADOS DO CONTRATANTE

Empresa: Monitore Engenharia e Planejamento	
Endereço: Rua Fernando Simas, 1177 - Bigorriho - Curitiba - Paraná	
Nome do Contratante: Greice Keli Corrêa	
E-mail: greice@monitore.com.br	Telefone: 41 3339-7097

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação da Amostra: Musgo Ponto 01	Código da Etiqueta Nº 192555
Id do Projeto: Biomonitoramento	
Matriz: Solo*	Data da Amostragem: 20/02/2020 14:00*
Local Amostragem: Votorantim Cimentos - Rio Branco *	Responsável pela Coleta: Contratante
Data da entrada no laboratório: 22/02/2020 12:00	Data de emissão do R.E.: 11/03/2020 15:33

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetro	CAS	Resultado Analítico	Fator de Diluição	LQ/Faixa	LD	Incerteza (±)	Ref.
% de Sólidos	---	31,53 %	---	0,05	---	3,47	1062
% de Umidade	---	68,47 %	---	0,05	---	7,53	1062
Mercurio (Hg)	7439-97-6	< 0,2 mg/kg	1	0,2	0,08	N.A.	1087

Controle de Qualidade

Branco do Método - Metais por Gerador de Hidreto (S) BCO5209-1/2020.0

Parâmetro	Resultado Analítico	LQ/Faixa	LD
Mercurio (Hg)	< 0,05 mg/kg	0,05	0,025

ACL - Metais por Gerador de Hidreto (S) ACL3954-1/2020.0

Parâmetro	% Recuperação	Faixa de Aceitação
Mercurio (Hg)	104 %	80-120

Limite(s):

Legenda

\*\*=Informado pelo cliente

LD= Limite de Detecção

LQ/Faixa= Limite de Quantificação ou Faixa de Aceitação (pode variar de acordo com a interferência da matriz)

ND= Não Detectado

N.A. ou --- = Não Aplicável

VMP= Valor Máximo Permitido

Abrangência

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

Data de realização das análises

No caso da amostragem ter sido realizada pela EP Analítica, todas as análises são executadas dentro do prazo de validade estabelecido pelo Standard Methods e/ou outra norma aplicável em sua última revisão.

Quando a amostragem é de responsabilidade do Cliente, qualquer desvio identificado na etapa de conferência é previamente informado ao cliente para a aprovação e continuidade do processo. Neste caso, a validade dos resultados dos ensaios pode ser afetada.

Plano de Amostragem

Responsabilidade do Cliente

Certificações

## RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 10935/2020.0.A Proposta Comercial Nº PC1877/2019.1

A EP ENGENHARIA DO PROCESSO possui as seguintes certificações:

- ISO 9.001:2015 - Certificado nº **QS-336-SAO**;
- ISO 14.001:2015 - Certificado nº **EN-150-SAO**;
- ISO/IEC 17.025:2017 - Acreditação nº **CRL 0361**;
- REBLAS - Habilitação **REBLAS nº 086**;
- INEA - CCL nº **IN038580**;
- IAP - CCL nº **IAP 019R**;
- IMASUL - CCL nº **003/2019**;
- ONIP - Certificado nº **10986**;
- IPAAM - Cadastro nº **119/17 - PJ**;
- FEPAM - CCLAAM nº **00065/2017**.

As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório.

**Regra de decisão:** A incerteza de medição foi considerada para mais ao declarar a conformidade com a especificação, norma ou critério definido no item Limite(s) deste laudo.

### Conclusão

Ref.	Data de Preparo	Data de Análise	Metodologia de Referência	Laboratório Subcontratado
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1062	10/03/2020	11/03/2020	Umidade: IT 06-07.52	---
1087	10/03/2020	11/03/2020	Metais por Gerador de Hidretos: IT 06-07.231	---

Revisado por:

Coordenador Metais - Joseane Santos Alves - CRQ IV: 04453570



**Edísio Pereira Figueiredo**

Diretor Técnico

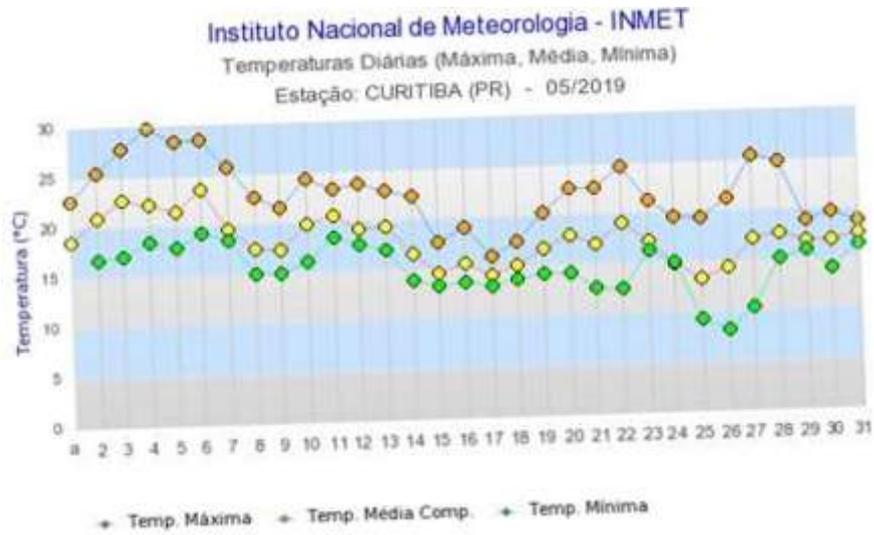
CRQ IV Regão - 04263329

**Chave de Validação: 7bcd210905c04255872a4cdca13615c1**

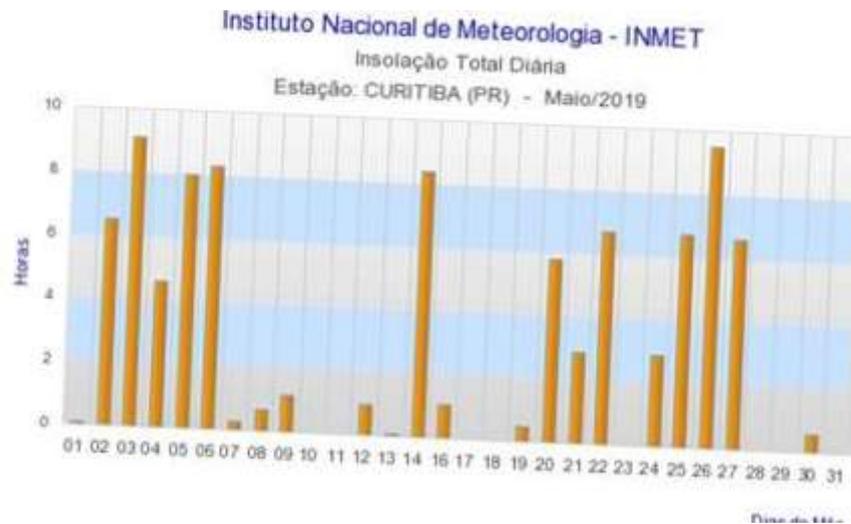
Para verificação da autenticidade deste Relatório de Ensaio acesse portal.mylimsweb.com e insira no campo indicado a "Chave de Validação".

## ANEXO 3 - DADOS DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS – GRÁFICOS

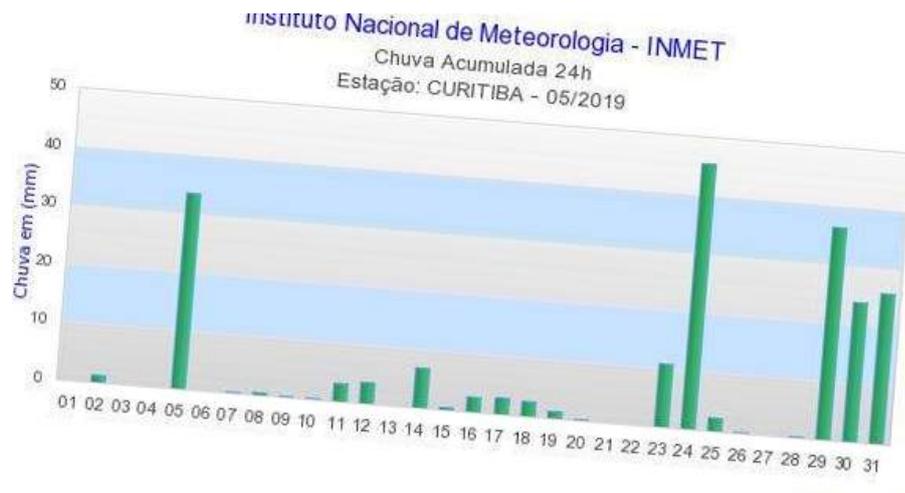
### OUTONO



FONTE: INMET (2019)

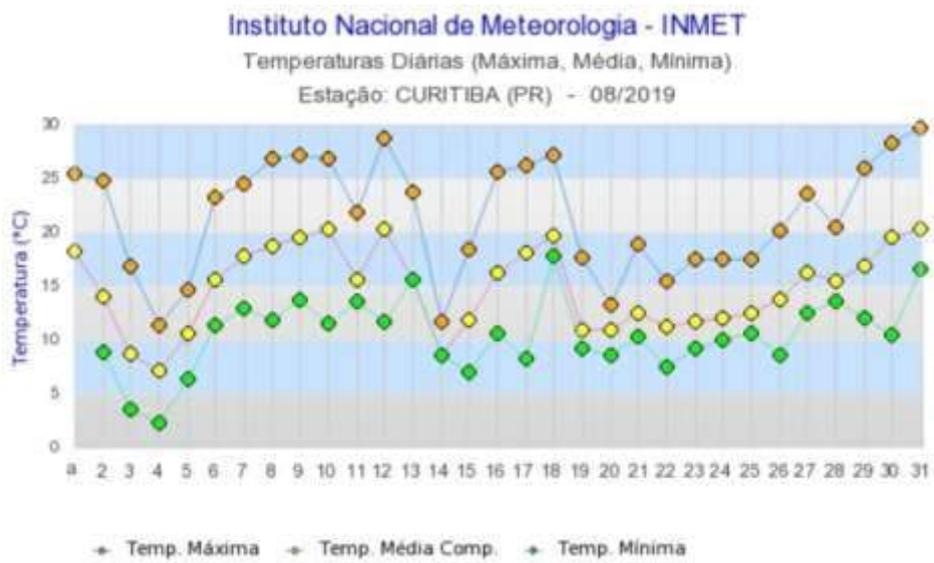


FONTE: INMET (2019)

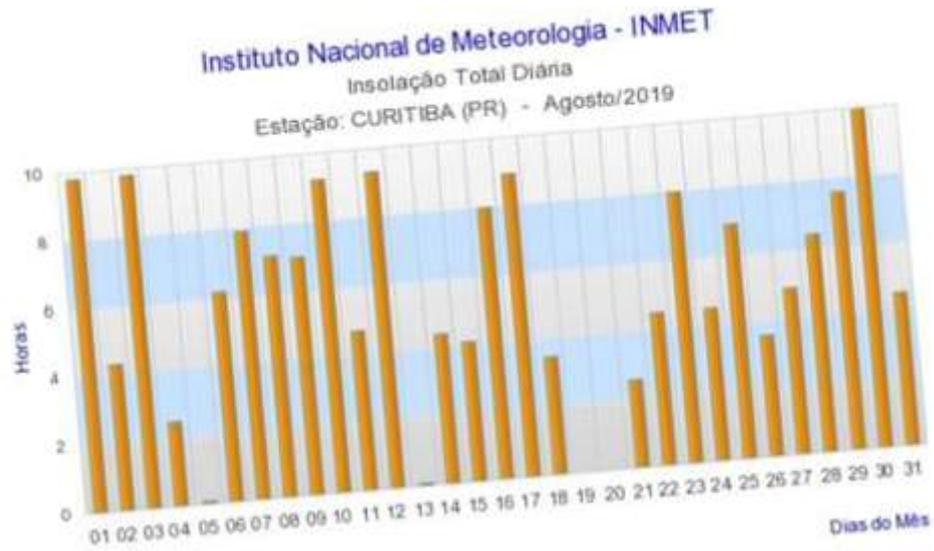


FONTE: INMET (2019)

## INVERNO



FONTE: INMET (2019)

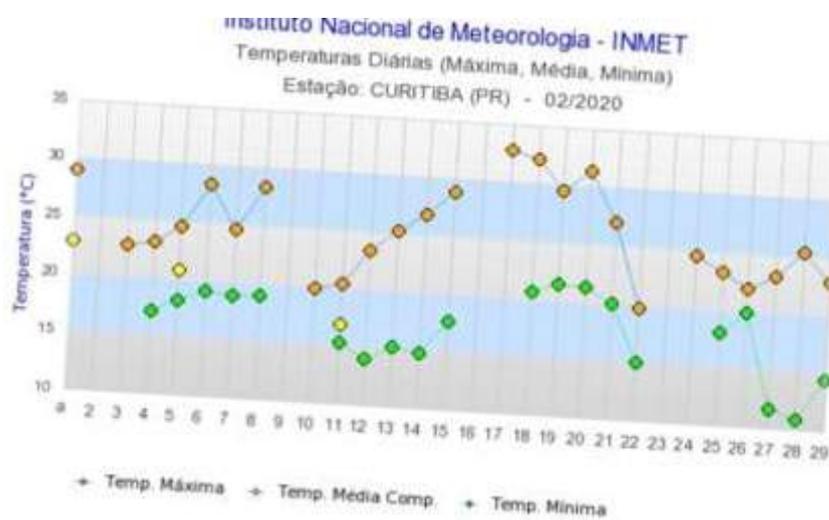


FONTE: INMET (2019)

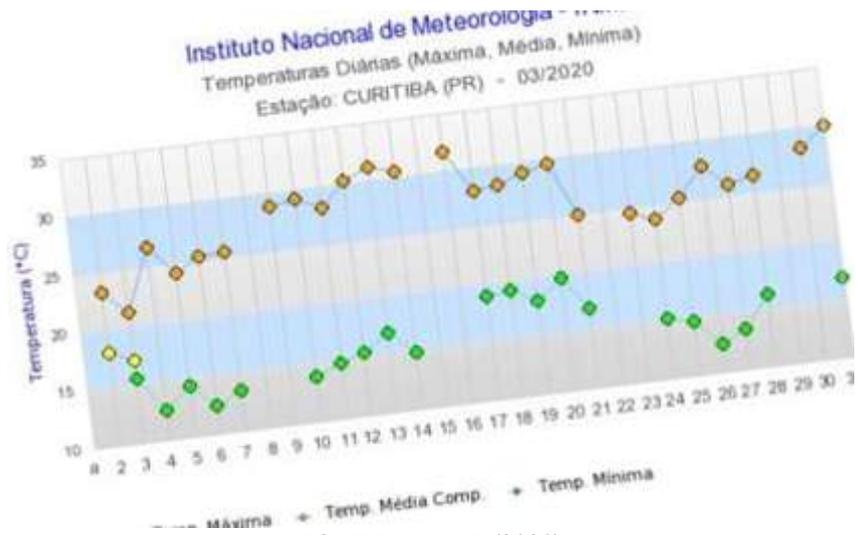


FONTE: INMET (2019)

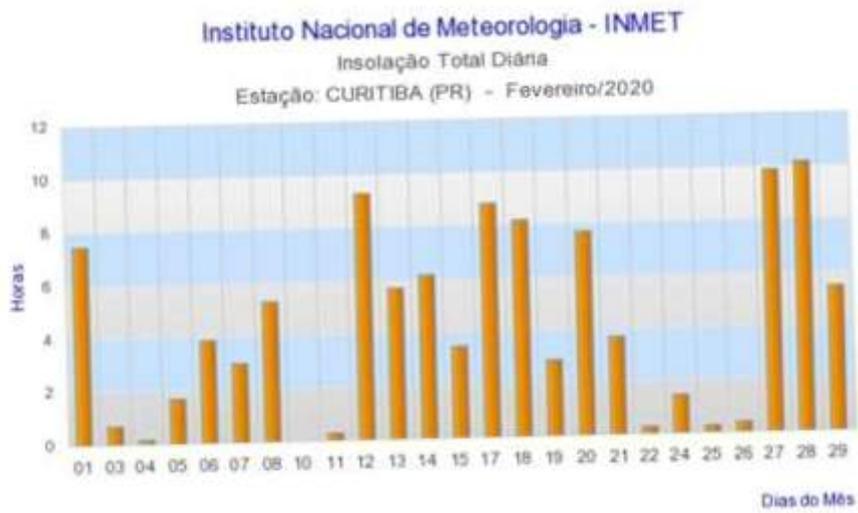
## VERÃO



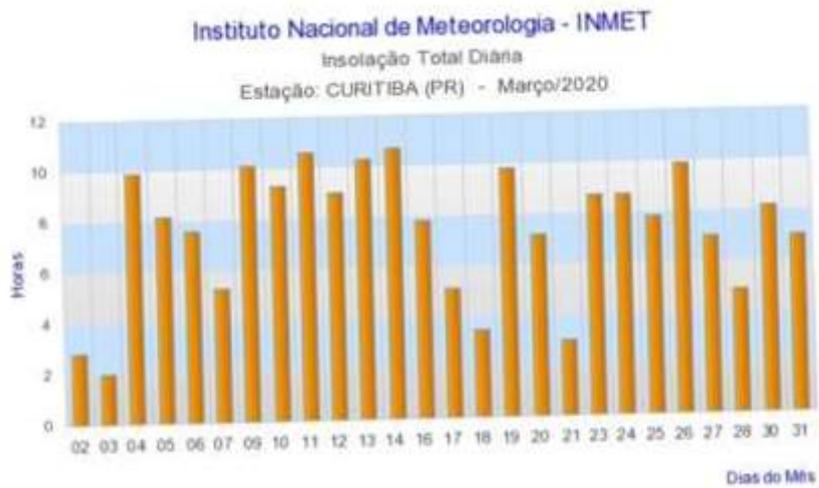
FONTE: INMET (2020)



FONTE: INMET (2020)



FONTE: INMET (2020)



FONTE: INMET (2020)



FONTE: INMET (2020)

