



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE
BIORRETENÇÃO ATRAVÉS DA FITORREMEDIAÇÃO PARA
JARDINS DE CHUVA EM ÁREAS URBANAS**

Sandra Magda Mattei Cardoso

TOLEDO / PR
JUNHO / 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE
BIORRETENÇÃO ATRAVÉS DA FITORREMEDIAÇÃO PARA
JARDINS DE CHUVA EM ÁREAS URBANAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/Campus Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Décio Lopes Cardoso
Coorientadora: Prof^a. Dra. Hitomi Mukai

TOLEDO / PR
JUNHO / 2021

Capa: Jardins de chuva

Fonte: Viver o Verde. Meio Ambiente e Sustentabilidade.

(<https://viveroverde.com/cidades/jardins-de-chuva>). Adaptado pela autora.

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ca	Cardoso, Sandra Magda Mattei Avaliação do funcionamento de um sistema de biorretenção através da fitorremediação para jardins de juva em áreas urbanas. / Sandra Magda Mattei Cardoso; orientador Décio Lopes Cardoso; coorientadora Hitomi Mukai. -- Toledo, 2021. 68 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2021. 1. Benefícios Ambientais. 2. Fitorremediação. 3. Águas Urbanas. I. Cardoso, Décio Lopes, orient. II. Mukai, Hitomi, coorient. III. Título.
----	---

FOLHA DE APROVAÇÃO

Sandra Magda Mattei Cardoso

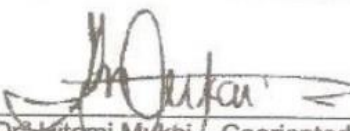
"Avaliação do funcionamento de um sistema de biorretenção através da fitorremediação para jardins de chuva em áreas urbanas"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

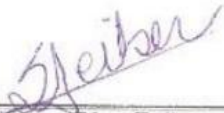
COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Décio Lopes Cardoso

Prof. Dr. Décio Lopes Cardoso (Presidente)
Universidade Estadual do Oeste do Paraná


Profª Drª Hitomi Mukai – Coorientadora
Universidade Estadual do Oeste do Paraná


Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber
Universidade Tecnológica Federal do Paraná


Profª. Drª. Silmara Dias Feiber
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Aprovada em: 08 de junho de 2021.
Local de defesa: Via remota síncrona.

DEDICATÓRIA

À Mateus e Maria Eduarda, meus amores, meus filhos,
que diariamente me motivam a ser alguém melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Décio Lopes Cardoso pela confiança na minha pesquisa.

À minha Coorientadora Professora Dra. Hitomi Mukai, pela ajuda na definição do tema da pesquisa e contribuições sem as quais esse trabalho não poderia ser realizado.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo incentivo à pesquisa.

Aos Professores Drs. Silmara e Fúlvio Feiber, pela amizade e estímulo por ser encantada com a docência, a qual me motiva ao aperfeiçoamento. Vocês são meus exemplos.

À Solange Smolarek Dias pela oportunidade da experiência e exercício da docência, minha gratidão.

À amiga Dircinéia Ferreira da Silva que disponibilizou seus conhecimentos para contribuir para pesquisa.

À minha prima Rosicler Lúcia Mattei por dar o apoio necessário.

À Veridiana Stefanello que prontamente colaborou e revisou o abstract.

À Lisangela Birck pelo suporte e atenção em seu atendimento.

Agradeço a Ana Paula Horita Bergamo, Andressa Carolina Ruschel, Renata Esser Sousa e Sirlei Maria Oldoni, pelo incentivo e apoio, vocês são especiais, um presente que a docência colocou em minha vida.

Agradeço minha sobrinha Ariela Mattei pela ajuda com o notebook.

À família pelo constante acompanhamento e apoio.

E por fim, mas de maneira especial, à Deus. Obrigada por me amar e me fazer feliz.

“A natureza não faz milagres, faz revelações”.

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

A biorretenção é uma espécie de bolsão para coletar, armazenar, filtrar e infiltrar o escoamento de águas pluviais urbanas. Esse sistema se tornou popular em muitas partes do mundo, mas até este estudo não foram implantadas no Brasil como uma prática comum. Entretanto, existem alguns protótipos instalados em determinadas universidades do Brasil, que podem fornecer dados de desempenho tanto qualitativo, tanto quantitativo do referido sistema. A presente pesquisa abordou uma técnica de biorretenção através da fitorremediação para jardins de chuva em áreas urbanas, onde visa minimizar os efeitos negativos causados pelos alagamentos e inundações, aliado ao uso de plantas para ajudar a diminuir a poluição de metais pesados encontrados na água, com ênfase na eficiência de remoção dos poluentes Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Fluoreto (F), Mercúrio (Hg) e Zinco (Zn). Ainda foi proposto uma revisão da literatura sobre jardins de chuva, biorretenção em áreas urbanas e fitorremediação. O objetivo principal deste trabalho foi realizar uma análise físico-químico em laboratório tendo como parâmetro a resolução do CONAMA 357/05 da qualidade da água, após essa, passar pelo protótipo/sistema de biorretenção com a fitorremediação com a espécie vegetal *Alocasia Macrorhiza* popularmente conhecida como Orelha-de-elefante, a qual tem característica de absorção desses metais. Para isso foram realizadas três análises em períodos diferentes do ano, primeira em dezembro 2020, a segunda março 2021 e a terceira em maio 2021, a coleta foi feita em três pontos diferentes da água superficial do lago municipal Paulo Gorski em Cascavel-Pr. Os procedimentos de métodos utilizado pelo laboratório é o analítico com base no *Standart methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Water Environment Federation* (WEF). Os resultados das análises laboratoriais mostraram resultados percentuais significativos com relação a redução de poluentes Ferro (Fe) em até 97,73% e Zinco (Zn) em 97,38%. Dessa forma, a fitorremediação aliada com a biorretenção apresentou bom desempenho na retenção de poluentes. Com isso, notou-se os benefícios ambientais que contribuem de modo significativo, não somente para a mitigação dos diversos efeitos decorrentes do processo de urbanização, mas como estratégia para assegurar qualidade ambiental em espaços urbanos.

Palavras-chave: Benefícios Ambientais; Fitorremediação; Águas Urbanas.

ABSTRACT

Biorretention is a kind of big bag to collect, store, filter and infiltrate the runoff of urban rainwater. This system became popular in many parts of the world, but until the end of this study so far has not been implemented in Brazil as a common practice. However, there are some prototypes installed in specific universities in Brazil, which can provide data from both qualitative and quantitative performance of that system. This research is about the technique through of the phytoremediation to rain gardens in urban areas, it has been used to minimize the negative effects caused by flood or so much water in the streets. This system is combined with some plants which can help reducing the pollution of heavy metals found in water, with an emphasis on efficiency of removing pollutants like: Cadmium (Cd), Lead (Pb), Copper (Cu), Iron (Fe), Fluoride (F), Mercury (Hg) and Zinc (Zn), this literature review is about: rain gardens, biorretention in urban areas and phytoremediation. The main objective of this work was to do an analysis in the laboratory with the resolution of the CONAMA 357/05 of the water quality, after that, the collected water goes through the prototype / biorretention's system with phytoremediation using the plant species, *Alocasia Macrorrhiza*, popularly known in Brazil as Elephant Ear, this referred plant has an characteristic in the metal absorption. For that work, it is being proposed three analyzes in different periods of the year, first one in December /2020, the second one in March /2021 and a third in May /2021. The gathering's water will be done from water surface of the Paulo Gorsk Municipal Lake in Cascavel-PR. The methods procedures used by the laboratory are analytical based on Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF). The results of the laboratorial analyses show a good percentage in relation to the absolute substances Iron (Fe) in until 93,73% and Zinc (Zn) in 97,38%. Thus, the environmental contributions that contribute significantly, not only to mitigate the various effects resulting from the urbanization process, but as a strategy to ensure environmental quality in urban spaces. With this work it can realize that the environmental benefits are good, not only to mitigate of the various effects resulting from the urbanization process, but as strategy to ensure environmental quality in urban spaces.

Key Words: Environmental Benefits; Phytoremediation; Urban Waters.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Canteiros Pluviais Juntos do NewSeasons Market, Portland, Oregon/EUA	17
Figura 2 - Exemplos de canteiros pluviais	21
Figura 3 - Corte perspectivado passeio, jardim e rua	22
Figura 4 - Alocasia Macrorhiza	28
Figura 5 - Raízes com batata	29
Figura 6 - Absorção de Metais	30
Figura 7 - Estrutura básica proposta para um jardim de chuva	32
Figura 8 - Protótipo/Impermeabilização juntas	33
Figura 9 - Saída coletor de água protótipo	33
Figura 10 - Preenchimento por camadas no protótipo	34
Figura 11 - Localização de Cascavel-Pr.....	36
Figura 12 - Cascavel - Pr	37
Figura 13 - Localização Lago Municipal e Parque Danilo Galafassi.....	37
Figura 14 - Localização Parque Paulo Gorski – Cascavel-Pr.....	38
Figura 15 – Vista do Lago Municipal – Cascavel-Pr	39
Figura 16 - Pontos de coleta das amostras de água	39
Figura 17 - Ponto de coleta próximo ao vertedouro	40
Figura 18 - Frascos com água superficial para análise físico químico	40
Figura 19 - Recipientes com água superficial para filtração protótipo	41
Figura 20 - Coleta/frascos água percolada pelo protótipo para análise	41
Figura 21 - Vertedouro Lago Municipal	42
Figura 22 - Frascos com água superficial para análise físico químico	43
Figura 23 - Recipientes com água superficial para filtração protótipo	43
Figura 24 - Coleta/frascos água percolada pelo protótipo para análise	44
Figura 25 - Frascos com água superficial para análise físico químico	44
Figura 26 - Recipientes com água superficial para filtração protótipo	45
Figura 27 - Coleta/frascos água percolada pelo protótipo para análise	45
Figura 28 - Gráfico da porcentagem dos metais na água superficial do lago.....	50
Figura 29 - Gráfico da porcentagem da redução e aumento dos metais da água percolada pelo protótipo.....	50

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Poluentes difusos: fontes, impactos e indicadores de qualidade para corpos hídricos de água doce	23
Quadro 2 - Metais encontrados em corpos hídricos - Variáveis a serem analisadas	24
Quadro 3 - Variáveis inorgânicas encontradas em corpos hídricos - Variáveis a serem analisadas	24
Quadro 4 - Principais efeitos ocasionados à saúde humana pela ingestão de metais pesados.....	25
Quadro 5 - Apresentação de algumas estruturas de jardim de chuva propostas na literatura	32

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Recorte Laudo água superficial do Lago Municipal.....	47
Tabela 2 - Recorte Laudo percolada pelo protótipo	47
Tabela 3 - Recorte Laudo água superficial do Lago Municipal.....	48
Tabela 4 - Recorte Laudo água percolada pelo protótipo	48
Tabela 5 - Recorte Laudo água superficial do Lago Municipal.....	48
Tabela 6 - Recorte Laudo água percolada pelo protótipo	49
Tabela 7 - Compilação de dados de análises físico-químico	49

LISTAS DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BMP	<i>Best Management Practices</i>
Cm	Centímetros
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
LID	Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto
MI	Mililitros
Mt	Metros
Pr	Paraná
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIMEPAR	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 SISTEMA DE BIORRETENÇÃO	17
2.1.1 Manuais de drenagem com abordagens em biorretenção	19
2.2 QUALIDADE DA ÁGUA NA DRENAGEM URBANA	22
2.2.1 Metais pesados	22
2.3 METAIS PESADOS E EFEITOS TÓXICOS NO HOMEM	24
2.4 FITORREMEDIAÇÃO.....	26
2.4.1 Perspectivas na fitorremediação	27
2.5 PROPRIEDADES DA ESPÉCIE VEGETAL UTILIZADA ALOCASIA MACRORHIZA.....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 METODOLOGIA.....	31
3.2 INSTALAÇÃO DO PROTÓTIPO	33
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
3.3.1 Local estudo de caso.....	35
3.3.2 Parque Ecológico Paulo Gorski.....	37
3.3.3 Coleta da água para análise.....	38
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	47
4.1 COLETA P1 – 02 de dezembro de 2020 (Tabelas 1 e 2).....	47
4.2 LAUDOS P2 – 04 de março de 2021 (Tabelas 3 e 4)	47
4.3 COLETA P3 – 06 de maio de 2021 (Tabelas 5 e 6)	48
4.4 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DOS POLUENTES ATRAVÉS DA FITORREMEDIAÇÃO	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS	58

1 INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico sofre fortes alterações nas áreas urbanas devido, principalmente, a alteração da superfície e a canalização do escoamento (TUCCI, 2003). De modo geral, as técnicas convencionais de drenagem urbana não abordam o problema do ponto de vista hidrológico, devendo-se buscar métodos para a execução dessa drenagem de forma mais eficiente (GARCIAS, 2005).

Nas últimas décadas, a visão tradicional do projeto de drenagem vem sendo modificada por uma abordagem integrada de manejo sustentável das águas pluviais e planejamento urbano (BATTEMARCO, 2018). Uma das formas de se conseguir isso é melhorando a infiltração no próprio lote com a utilização de jardins de chuva, técnica do tipo controle na fonte, baseada no conceito de biorretenção e compensação das áreas impermeáveis.

Estudos abordam que a drenagem urbana, antes conceituada no rápido escoamento das águas pluviais, tem-se apresentado insustentável no meio urbano (MELO *et al*, 2014). Desse modo, não se trata mais de trabalhar esse sistema isolado, mas sim integrar todo o sistema das águas urbanas, realizando um manejo eficaz e adequado desde o início do evento de precipitação. A partir disso, algumas alternativas estão sendo desenvolvidas a fim de compensar os impactos negativos que ocorrem nas áreas urbanas, como alagamentos e inundações.

Outro impacto que ocorre com alagamentos e inundações é a interferência na saúde pública, tanto de efeito imediato, quanto de médio e longo prazo. Com isso podendo aumentar os riscos de contaminação microbiológica de água para consumo humano e alimentos, aumentando a ocorrência de doenças infecciosas (respiratórias de transmissão hídrica e alimentar). Outras doenças que podem agravar, são as doenças crônicas e de transmissão por vetores, assim como o surgimento de doenças mentais, acidentes por animais peçonhentos e por outros animais, doenças provocadas pela maior exposição às intempéries (frio, umidade, calor, tempestade, etc.), aumentar a ocorrência de doenças de pele, como fungos, foliculite, melasma, alergia e até mesmo câncer de pele (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Visando preservar os mecanismos naturais de escoamento e diminuindo impactos ambientais é que algumas alternativas estão sendo desenvolvidas. Essas alternativas são chamadas de técnicas compensatórias em drenagem urbana, as

quais se baseiam em processos de armazenamento, detenção, retenção e infiltração das águas pluviais (NASCIMENTO e BAPTISTA, 2009).

A presente pesquisa aborda como objetivo geral uma técnica de biorretenção através da fitorremediação para jardins de chuva em áreas urbanas, onde visa minimizar os efeitos negativos causados pelos alagamentos e inundações, bem como no uso de plantas nessa pesquisa foi usada a *Alocasia Macrorhiza* para ajudar a diminuir a poluição de metais pesados no solos e águas, com ênfase na eficiência de remoção dos poluentes Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Fluoreto (F), Mercúrio (Hg) e Zinco (Zn). Os objetivos específicos são: buscar referencial teórico sobre o assunto; projetar protótipo de jardins de biorretenção com espécie vegetal *Alocasia Macrorhiza* popularmente conhecida como Orelha-de-elefante; avaliar os resultados de redução de metais pesados através da fitorremediação.

A metodologia deste trabalho consiste em um estudo de caso que, conforme define Groat e Wang (2002), refere-se a uma pesquisa qualitativa, pois parte da interpretação de dados coletados. O trabalho apresenta um estudo experimental, com a construção de um protótipo com o formato de prisma medindo 50cm de largura, 70cm de comprimento e 100cm de profundidade, dividida em 5 camadas, primeira camada superfície com espécie vegetal, a segunda com substrato (terra de húmus), a terceira camada pedra brita, a quarta camada com areia e a última com solo da região. Na saída desse protótipo a água percolada foi coletada e analisada físico-química em laboratório, para testar a eficiência da fitorremediação.

Considerando que o ano de 2020 foi atípico com um volume de chuvas abaixo do esperado, segundo a Secretaria do Meio ambiente de Cascavel-Pr o Lago Municipal registrou 1,92m abaixo do vertedouro no referido ano sendo o menor nível de água desde a sua criação no de 1984.

Tendo em vista a análise que foi realizada em águas superficiais existentes no meio urbano advindas do escoamento pluvial, a escolha do Lago Municipal localizado no Parque Ecológico Paulo Gorski em Cascavel-Pr, justifica-se pelo fato da captação pela companhia de Saneamento do Estado do Paraná - SANEPAR estar concentrada no local. Devido aos demais mananciais estarem com volume abaixo do normal, tendo como base os parâmetros utilizados pela resolução do

Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA 357/2005, utilizados para as análises físico química do referido trabalho.

Como resultado espera-se a eficiência na redução de poluentes através da fitorremediação podendo assim ser uma estratégia dos projetos de paisagem urbana, de uma maneira geral, pode ser trabalhado com diversas tipologias de elementos verdes que compõe a infraestrutura verde urbana, contribuindo com a melhoria da qualidade ambiental nas cidades, e favorecendo o manejo das águas urbanas, com isso, pode potencializar a capacidade natural das plantas no controle da poluição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico que embasa a presente pesquisa à exploração do tema nos aspectos relacionados a jardins de biorretenção e fitorremediação.

2.1 SISTEMA DE BIORRETENÇÃO

Esses sistemas (Figura 1), podem compor a paisagem natural da região, podem também ser implantados com plantas de diferentes espécies e tamanhos. Em geral, localizam-se em baixios ou depressões, para onde converge o escoamento gerado na bacia. Reproduzem o ecossistema natural onde a atividade biológica atua promovendo a filtragem da água. Neles, o escoamento, resultado das chuvas intensas, gera o empoçamento da superfície e a infiltração da água no solo. Os poluentes são removidos da água mediante absorção, filtração e decomposição da matéria orgânica. As plantas são componentes fundamentais nesse sistema, responsáveis pela retirada da água e dos poluentes, têm ainda a vantagem de integrar a paisagem natural, sendo recomendáveis em áreas com alto índice de impermeabilização (PROSAB, 2009).

Figura 1 - Canteiros Pluviais Juntos do NewSeasons Market, Portland, Oregon/EUA



Fonte: Cormier e Pellegrino (2008).

Segundo Souza, Cruz e Tucci (2012), a evolução do tratamento das águas urbanas passa por três fases, “no início do século XX, a política de saneamento básico consistia na evacuação de efluentes urbanos o mais rápido possível para jusante na tentativa de minimizar a proliferação de doenças. No final da década de 1960, tornaram-se evidentes os impactos negativos desta estratégia, especificamente a degradação dos corpos d’água receptores e os danos sociais (econômicos e culturais) provenientes das inundações”.

A partir destas observações, alguns países alteraram suas políticas de manejo de águas por meio de investimentos significativos no tratamento de esgoto e no controle de águas pluviais, aplicando, principalmente, estruturas de armazenamento.

A ciência passou a reconhecer o papel da vegetação e do solo como mitigador de efluentes no final da década de 1980, surge então sistemas naturais de drenagem no controle qualitativo e quantitativo de águas pluviais, ao promover a infiltração, a evapotranspiração e o contato da água com bactérias e plantas (SOUZA, CRUZ e TUCCI, 2012).

Um dos sistemas que mais avançaram neste sentido foram a abordagem americana de *Low Impact Development* - LID, denominado no Brasil por Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, a Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA, 2015) define esse termo como sistemas e práticas que imitam os processos naturais que resultam em infiltração, filtração e armazenamento ou utilizam a água da chuva para preservar a qualidade da água e seus ambientes aquáticos associados.

As práticas LID oferecem benefícios adicionais, podem ser integrados à infraestrutura existente e muitas vezes são mais econômicas e esteticamente mais agradáveis do que sistemas tradicionais de transporte de águas pluviais. Em escala regional e local a utilização do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto- LID visa preservar, restaurar e criar espaços verdes com a utilização do solo, vegetação e mecanismos de reaproveitamento de água.

O LID é uma abordagem para o desenvolvimento urbano que faz uso de aspectos naturais para gerenciar a água da chuva o mais próximo possível da sua fonte (CITY OF SAN DIEGO STORM WATER DIVISION, 2011). Essa metodologia também emprega princípios tais como a preservação e a recriação de paisagens

naturais, minimizando assim a impermeabilidade da área e criando sistemas de drenagem que tratam a água da chuva muito mais como recurso do que como um problema a ser resolvido (USEPA, 2015).

Aplicações de LID são encontradas em muitas regiões da América do Norte e Europa, sendo capazes de atender aos critérios estabelecidos em certificações ambientais para edificações quando devidamente empregadas (SOUZA, CRUZ e TUCCI, 2012).

Burns *et al* (2012) *apud* Braga (2017), afirmam que, para o controle na drenagem urbana, primeiramente está focada na eficiência da drenagem, com sistemas capazes de conduzir o escoamento superficial às águas receptoras de forma eficiente, a segunda com foco na redução das cargas poluidoras, na qual se enquadram as técnicas ditas de baixo impacto e a terceira fase com foco ou baseada no gerenciamento do regime de escoamento, onde se procura atingir metas além do simples controle da poluição ou do pico de vazão, propondo-se manter a integridade do ecossistema das águas receptoras, avaliando as vazões mínimas também.

2.1.1 Manuais de drenagem com abordagens em biorretenção

Manuais de drenagem são ferramentas fundamentais para a divulgação de sistemas de biorretenção, mostram como devem ser projetados os dispositivos e os passos que devem ser seguidos na execução.

Uma das diretrizes do Estatuto da Cidade diz respeito ao controle da urbanização a partir da capacidade da infraestrutura existente. Usualmente, os Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano não vinculam o planejamento urbano a aspectos hidrológicos em sua formulação e fixam parâmetros edilícios incompatíveis com a eficácia da macrodrenagem urbana. Quando bem concebidos, porém, podem direcionar a ocupação do solo para áreas com menor histórico de alagamentos e menos críticas quanto à geração de escoamentos. Em conjunto com o Plano Diretor de Drenagem Urbana, constitui em boa ferramenta de gestão e implementação de medidas sustentáveis (RIMES, 2015).

Na década de 1970, surgiu uma nova abordagem para tratar os problemas de drenagem, principalmente na Europa e Estados Unidos. São as técnicas

compensatórias de drenagem, como chamados no Brasil e consolidada na publicação do livro *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana* de Baptista, Nascimento e Barraud, que buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos. Essas técnicas controlam a produção excedente de água decorrente da impermeabilização e evita sua transferência rápida a jusante (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

Para Rimes (2015), o debate agora procura aproximar ao máximo o comportamento das águas pluviais às condições naturais prévias à ocupação do homem. Destaca-se, também, a preocupação com a questão ambiental, além da saúde pública. Vários conceitos surgiram de acordo com o país de origem: no Reino Unido são chamadas de SUDS – *Sustainable Urban Drainage Systems*, nos Estados Unidos de BMPs – *Best Management Practices* ou LID (*Low Impact Development*) e na Austrália de WSUD – *Water Sensitive Urban Design*. Todos eles fazem referência ao armazenamento temporário e infiltração das águas pluviais, como instrumentos básicos de modificação das relações de escoamento, acarretando melhor qualidade de vida, na medida em que recupera e preserva o meio ambiente, diminuindo a carga poluente no solo.

O uso da infraestrutura verde, segundo Herzog (2010), é a aplicação de práticas que buscam imitar os processos naturais, minimizando os impactos da urbanização decorrente de áreas cada vez mais construídas e com pouca permeabilidade, que contribuem para solucionar o problema da falta de drenagem adequada e trazem soluções que promovem a resiliência da cidade e qualificam a paisagem urbana.

De acordo com Pellegrino (2014) as cidades são sistemas complexos submetidos a mudanças constantemente, a evolução urbana e o aumento de áreas impermeabilizadas, somadas à poluição e as alterações climáticas contribuem para a aceleração destas conturbações. Um projeto de paisagem urbana deve contribuir para aumentar a capacidade de superação e recuperação das áreas consolidadas.

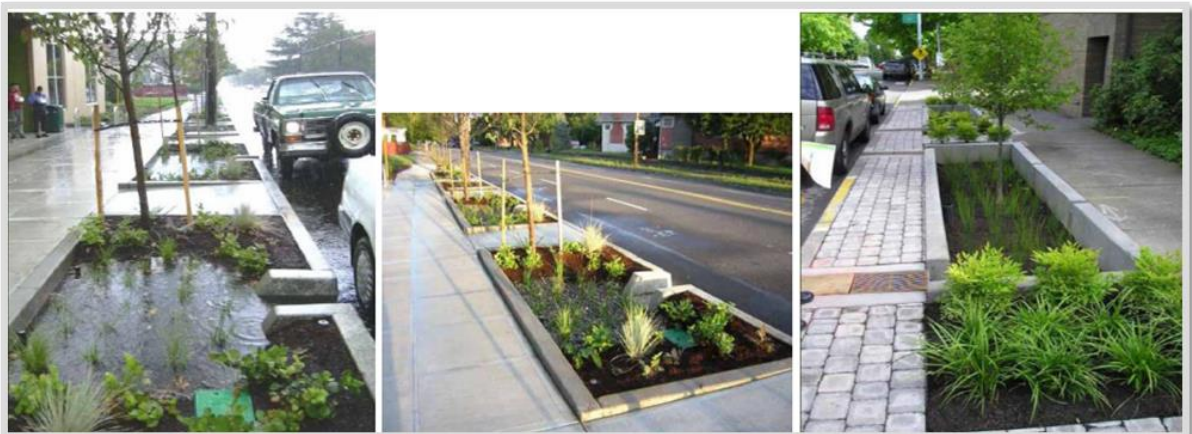
Faltam projetos paisagísticos que tirem proveito das técnicas de engenharia e dos conceitos das ciências biofísicas. Que traduzam as novas necessidades tecnológicas e ecológicas que os espaços do cotidiano de nossas cidades pedem. O processo de projeto começaria com o desenvolvimento de uma estratégia de uma infraestrutura verde, no final teríamos uma passagem: de paisagismos cênicos à paisagem infra estrutural (PELLEGRINO, 2014, p. 195).

A configuração desta infraestrutura está baseada na coleta e retenção das águas das chuvas e no acréscimo de área vegetada, promovendo o aumento da percolação e da evapotranspiração, diminuindo o escoamento superficial, a erosão e a quantidade de sedimentos poluidores. Pellegrino (2014) divide estas melhores práticas de manejo em dois grupos, sendo que o primeiro postula a adoção de sistemas vivos e o segundo depende de processos físicos. Desta forma, se a infraestrutura está relacionada com o solo e a vegetação, como nos parques lineares, lagoas pluviais, biovaletas, jardins de chuva, canteiros pluviais, tetos e paredes verdes são consideradas como sistemas vivos.

A vegetação provê seis maiores benefícios: reduz o impacto das gotas de chuva, reduz a velocidade do escoamento superficial, assegura a integridade estrutural do solo através das raízes, filtra os poluentes químicos e os sedimentos trazidos pelo escoamento, aumenta a infiltração da água no solo e aumenta a evapotranspiração, ou o movimento vertical da água no ar (PELLEGRINO, 2014, p.66).

O canteiro pluvial (figura 2) funciona como os jardins de chuva, só que mais compacto. Podem ser inseridos facilmente no meio urbano tanto nos espaços livre públicos como os passeios, praças ou calçadas, como nos espaços privados das residências e edifícios integrando o construído com a natureza (CORMIER e PELLEGRINO, 2008).

Figura 2 - Exemplos de canteiros pluviais



Fonte: Martin (2011).

Segundo Pompêo (2000) esta drenagem idealiza a infiltração das águas sem a necessidade de escoamento pelas tubulações, ou pelo menos a redução do seu volume (Figura 3).

O objetivo é simular o ambiente natural, contribuindo para a não poluição das águas urbanas e reabastecendo os aquíferos, mimetizando as funções da natureza e evitando as inundações, potencializando o sistema convencional.

Figura 3 - Corte perspectivado passeio, jardim e rua



Fonte: Autora (2021).

A purificação, sedimentação, filtração e absorção biológica são algumas das funções hídricas desses sistemas.

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA NA DRENAGEM URBANA

O impacto sobre a qualidade da água é resultado da poluição existente no ar que se precipita junto com a água, lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais, lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem entre outros (TUCCI, 2002).

2.2.1 Metais pesados

A poluição difusa tem sido um grande problema sanitário nas áreas urbanas, pois a água escoada superficialmente pela impermeabilização da bacia entra em contato com diversos poluentes, comprometendo sua qualidade e dos corpos d'água receptores (MOURA, 2014).

A poluição da água por metais pesados é a causa de sérios problemas ambientais, por suas características de toxicidade e de bioacumulação. Os impactos

são agravados pelos processos de absorção de metais nos sedimentos de fundo dos corpos hídricos, o que aumenta a permanência do contaminante no meio, causando problemas secundários de poluição (Quadro 1, 2 e 3).

Quadro 1 - Poluentes difusos: fontes, impactos e indicadores de qualidade para corpos hídricos de água doce

Poluentes	Fontes	Impactos	Indicadores (357/05 CONAMA)
Metais pesados, pesticidas, herbicidas e hidrocarbonos	Áreas comerciais e indústrias, aterros sanitários e disposição imprópria de resíduos residenciais.	Elementos tóxicos para os organismos aquáticos e efeito acumulativo na cadeia alimentar, comprometendo também a saúde humana e a potabilidade dos recursos hídricos.	Cádmio (0,2mg/L) Chumbo (0,5 mg/L) Cobre (1,0 mg/L) Ferro(15,0 mg/L) Manganês (1,0 mg/L) Mercúrio (0,01 mg/L) Zinco (5,0 mg/L)
Variáveis inorgânicas	Variam com as características geológicas e condições geográficas, com possibilidade de aumento por contribuição humana.	Cloretos, fluoretos e sulfetos indicam contaminação por esgotos domésticos e indústrias. Outros compostos como cálcio e magnésio ocorrem aturalmente na água em decorrência da composição do solo e estão associados a dureza da água.	Fluoreto (10,0 mg/L)

Fonte: PROSAB (2009). Adaptado pela autora (2021).

Quadro 2 - Metais encontrados em corpos hídricos - Variáveis a serem analisadas

Variável	Significado
Cádmio (Cd)	A sua presença nos corpos hídricos é decorrente do lançamento de efluentes industriais e também pela poluição difusa causada por fertilizantes.
Chumbo (Pb)	A presença de chumbo nos corpos hídricos é principalmente devido às atividades humanas (queima de combustíveis fósseis e processos de incineração), processos de mineração, lançamento de despejos industriais ou deposição de material particulado na água.
Cobre (Cu)	O aumento da sua concentração na água pode ser resultado de atividades de mineração, do processamento do metal, de processos de combustão e de despejos industriais e domésticos. A concentração do cobre na água é função do pH, sendo absorvido pela matéria orgânica, óxidos hidratados de ferro e manganês e pela argila.
Ferro (Fe)	As atividades de processamento de minério de ferro e as suas ligas contribuem para a sua presença nos corpos hídricos. Estações de tratamento que utilizam sais de ferro no tratamento e descartam o lodo nos corpos hídricos podem ser uma fonte contribuinte deste elemento na água.
Mercúrio (Hg)	A presença de mercúrio nos corpos hídricos é resultado da deposição atmosférica e da drenagem superficial, além do desgaste natural de rochas e da contribuição de despejos industriais e domésticos.
Zinco (Zn)	A sua presença nos corpos hídricos pode ser resultado de processos naturais ou das atividades humanas. Despejos de indústrias de tratamento de superfícies metálicas e de sistemas de resfriamento que utilizam compostos de zinco contribuem para o aumento da sua concentração nos corpos hídricos.

Fonte: PROSAB (2009). Adaptado pela autora (2021).

Quadro 3 - Variáveis inorgânicas encontradas em corpos hídricos - Variáveis a serem analisadas

Variável	Significado
Fluoreto (F)	O fluoreto é originado do desgaste de minerais que o contenham em sua composição, sendo que as emissões de efluentes líquidos e atmosféricos de certos processos industriais também podem contribuir para a presença de fluoretos em corpos hídricos.

Fonte: PROSAB (2009). Adaptado pela autora (2021).

2.3 METAIS PESADOS E EFEITOS TÓXICOS NO HOMEM

Alguns metais pesados são considerados essenciais do ponto de vista biológico, enquanto outros não são. Entretanto os essenciais podem, sob condições específicas, causar impactos negativos a saúde humana e ao ecossistema, constituindo-se, assim, em contaminantes ou poluentes de solo e da água (GUILHERME e MARCHI, 2005).

Os danos ocasionados pelos metais pesados à saúde humana são os mais diversos e variam conforme a taxa de ingestão, acumulação e concentração do metal no corpo. Caso a concentração de metais pesados no corpo não seja controlada, intoxicações agudas ou crônicas são graves consequências. Por outro lado, estudos avaliativos do ambiente, podem relatar o estado de concentração de metais na biota aquática e na água, e o quanto pode ser transferido para população humana mediante ingestão de água (LARSON e WEINCEK, 1994).

Os outros efeitos adversos à saúde humana por metais pesados são variados e dependem do tipo de contaminante, da concentração, do tempo de exposição e da susceptibilidade do indivíduo (TAVARES e CARVALHO, 1992). De acordo com Larson e Weincek (1994) os efeitos mais comuns provocados à saúde humana por ingestão de metais pesados são: (Quadro 4).

Quadro 4 - Principais efeitos ocasionados à saúde humana pela ingestão de metais pesados

Metal Pesado	Símbolo	Efeitos Nocivos	Valores aceitáveis Conama 357/2005
Arsênio	As	Intoxicação crônica provocando feridas, câncer de pele, danos a órgãos vitais.	0,5 mg/L
Cádmio	Cd	Disfunção renal, distúrbios imunológicos, enfisema pulmonar e osteoporose	0,2 mg/L
Chumbo	Pb	Alterações neurológicas, distúrbios em enzimas, febre, náuseas	0,5 mg/L
Cobre	Cu	Vômitos, hipotensão, icterícia, coma e morte	1,0 mg/L
Cromo	Cr ⁺⁶ Cr ⁺³	Câncer, tumores hemorrágicos	0,1 mg/L 1,0 mg/L
Ferro	Fe	Vômitos, diarreias e problemas intestinais.	15,0 mg/ L
Manganês	Mn	Lesões cerebrais, danos aos testículos e impotência	1,0 mg/L
Mercúrio	Hg	Lesões no sistema neurológico, imunológico, deformações no corpo, má formação do feto	0,01 mg/L
Zinco	Zn	Fisionomia empalidecida, diarreia, anemia	0,5 mg/L

Fonte: Larson e Weinck (1994). Adaptado pela autora (2021).

2.4 FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação consiste no uso de plantas e seus associados (microbiota) para limpeza de ambientes poluídos. Nessa tecnologia são empregados processos naturais pelos quais as plantas e a flora microbiana presente na rizosfera degradam e sequestram poluentes orgânicos e inorgânicos (RASKIN *et al*, 1994).

Pesquisas científicas têm mostrado o potencial de diversas espécies de plantas para limpeza de áreas contaminadas e, com auxílio da biotecnologia, avanços vêm sendo obtidos na adequação de outras plantas para limpezas de áreas poluídas. Poluentes orgânicos, dependendo de suas propriedades, podem ser degradados na zona radicular das plantas e quando absorvidos podem ser degradados, sequestrados ou volatilizados pelas mesmas. Já poluentes inorgânicos ocorrem como elementos naturais na crosta terrestre ou na atmosfera.

Atividades humanas como mineração, industrialização e agricultura, por exemplo, promovem sua liberação no ambiente. Esses poluentes não podem ser degradados, mas sim fitorremediados via estabilização ou sequestro nos tecidos de plantas que são tratadas posteriormente. Alguns exemplos de poluentes inorgânicos fitorremediados incluem macronutrientes (Nitrato, Fosfato, Cromo, Cobre e Zinco) que são importantes para a constituição de enzimas em plantas, mas em níveis elevados nos solos tornam-se tóxicos. Outros exemplos são nutrientes não-essenciais às plantas como, Cádmio, Mercúrio e isótopos radioativos (PILON-SMITS, 2005).

Para Lamego e Vidal (2007) diferentes tecnologias de fitorremediação têm sido empregadas para a limpeza de áreas poluídas. Sistemas hidropônicos, ou rizofiltração, alcançaram sucesso. Sistemas *wetlands* têm sido opção viável no tratamento de esgoto doméstico e outros tipos de águas residuais em virtude de sua natureza simples, fácil operação e rentabilidade técnico-econômica (COSTA, 2004). Os primeiros experimentos com esse sistema foram realizados na Alemanha em 1952 e continuam sendo eficientes. Nesses sistemas, as plantas cultivadas em tanques adsorvem sólidos suspensos, metais e patógenos. Além disso, promovem abrigo para o crescimento de microrganismos e servem de cobertura para sombreamento na água prevenindo a proliferação de algas (COSTA, 2004).

Dentre as vantagens da fitorremediação pode-se destacar seu custo reduzido quando comparado aos demais métodos de despoluição e a opção de tratamento natural *in situ*. Sua capacidade de múltiplos objetivos também é vantajosa (pode-se fitorremediar mais de um poluente no mesmo local), bem como a atratividade para o público leigo em função de ser vista como tecnologia verde.

Diferentes propriedades das plantas são importantes para a fitorremediação. Em geral, as seguintes características são favoráveis para a utilização de plantas como fitorremediadoras: crescimento rápido, elevada produção de biomassa, competitividade, vigor e tolerância à poluição. Plantas com essas características podem ser utilizadas como agentes de despoluição (PILON-SMITS, 2005).

2.4.1 Perspectivas na fitorremediação

O que se espera de uma investigação de fitorremediação é encontrar espécies que demonstrem potencial para níveis excessivos de absorção de contaminantes. A identificação de plantas hiperacumuladoras é o resultado ideal. O fenômeno da hiperacumulação pode ocorrer mediante a presença de condições ideais, considerando fatores fisiológicos e ambientais, ou mesmo, manipulações genéticas podem alterar ou otimizar uma predisposição da planta ao fenômeno (ANDRADE *et al*, 2007). Logo, estudos que apresentam plantas com níveis de absorção diferenciados devem receber investigações mais cuidadosas e detalhadas.

Os estudos envolvendo espécies de *Alocasias Macrorhizas*, descritos nesta pesquisa, apresentaram resultados satisfatórios que demonstram o quanto essa espécie pode ser aproveitada em pesquisas na área de fitorremediação. Estudos realizados em águas de igarapés bastante impactados pelo descarte de efluentes industriais utilizaram as concentrações citadas na Resolução CONAMA 357/05 como parâmetro. Neto (2014) e Pio (2012) realizaram estudos de fitorremediação em consórcio com outras técnicas, eletroquímica e *Wetland* construído, respectivamente. Neto (2014) avaliando o potencial fitorremediador de *Alocasia Macrorhiza* para os metais Cu, Fe, Zn, Cr e Pb observou a redução das concentrações dos metais a níveis aceitos pela Resolução CONAMA 357/05.

2.5 PROPRIEDADES DA ESPÉCIE VEGETAL UTILIZADA *ALOCASIA MACRORHIZA*

A planta escolhida para o desenvolvimento deste estudo se deve pelas seguintes características: possui um sistema radicular denso, resistência a pragas, fácil colheita e controle de radiação, ocorrência natural em áreas poluidoras e em ambientes diversos.

As *Alocasias Macrorhizas* (Figura 4), são herbáceas perenes, eretas, com rizoma inicialmente subterrâneo e com o tempo tornando-se volumoso e elevando-se a cerca de 50 cm da superfície, de grande efeito ornamental pela folhagem, com vários metros de altura, originária da Malásia e Java.

Figura 4 - *Alocasia Macrorhiza*



Fonte: Flores e Folhagens (2018).

Possuem folhas muito grandes, com nervuras branco acinzentada destacadas, de margens onduladas, com pecíolos robusto e carnosos de cor verde-esbranquiçadas. Inflorescência em série de 4 - 5 folhas dispostas em leque, formadas principalmente no verão são muito visitadas por mamangavas. Adequadas para plantio isolados ou em grupo, a meia sombra ou pleno sol, protegido por vento, canteiros férteis, multiplica-se por sementes e por brotações laterais do rizoma (LORENZI e FILHO, 2001).

Estudos realizados pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) identificou que o uso da planta *Alocasia Macrorhiza*, conhecida popularmente como

orelha-de-elefante-gigante, pode ser utilizada como biorremediadora em áreas contaminadas. Significa que a planta tem capacidade de absorver metais pesados do solo, como Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Níquel (Ni), e Zinco (Zn). O pesquisador e professor, Josias Coriolano de Freitas destaca em pesquisa que a planta “orelha-de-elefante” não prioriza uma região para acumular metais, ou seja, ao ser absorvido pelas raízes, as substâncias se distribuem por toda a planta (Figura 5).

Figura 5 - Raízes com batata



Fonte: Freitas (2009).

Plantas com essa característica são conhecidas como exclusoras, significa que a concentração do metal nos tecidos é mantida constante até um determinado nível, normalmente, são capazes de tolerar grandes quantidades de metais pesados em tecidos, além de ser tolerantes a múltiplos metais (FREITAS, 2009). Acredita-se que a fisiologia e o mecanismo molecular de transporte facilitam a distribuição dos metais, funciona como uma esponja (Figura 6) que absorve a água com os metais e conduz através desses vasos até as folhas.

Figura 6 - Absorsão de Metais



Fonte: Freitas (2009)

Segundo Freitas (2009), as *Alocasias Macrorhizas* estão presente em locais contaminados e se adaptam muito bem a essa realidade, sendo uma das características da planta de suportar os metais pesados. Essa espécie se alimenta principalmente de Chumbo (Pb).

Neste capítulo foi evidenciada a importância do assunto, bem como a conscientização de medidas e ações que inspiram práticas que imitam os processos naturais. Nesse contexto, surge então a necessidade de estudos que avaliem esses aspectos a fomentar o uso como opção que pode ser integrada nas áreas urbanizadas de modo harmonioso, mantendo uma relação diária com a população.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir da caracterização da área de estudo, adiante apresentada, é detalhada a metodologia aplicada a pesquisa.

3.1 METODOLOGIA

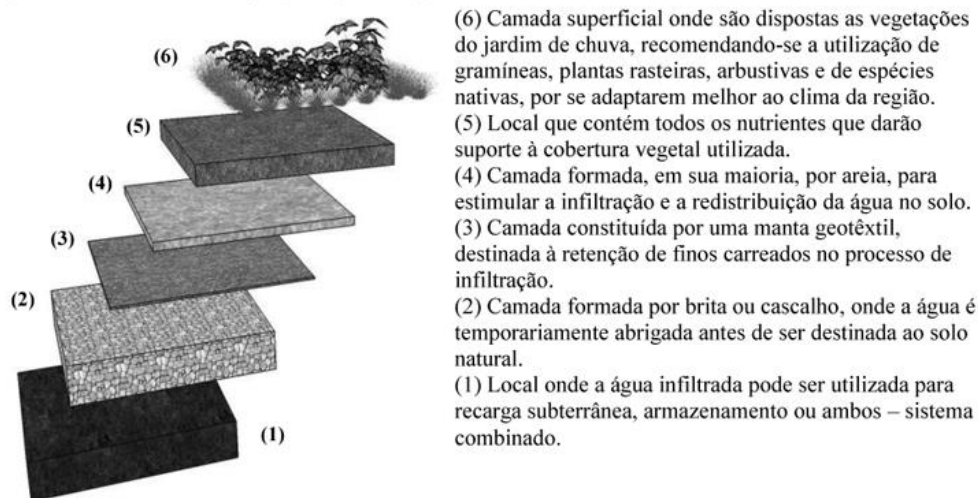
A metodologia deste trabalho consiste em um estudo de caso que, conforme define Groat e Wang (2002), refere-se a uma pesquisa qualitativa, pois parte da interpretação de dados coletados.

Como base para desenvolvimento do experimento se deu através de literaturas, estudos apresentados e pesquisas relacionadas ao tema, que teve como objetivo ampliar o conhecimento científico. Esses estudos são também muito importantes para consciência do pesquisador de que nenhuma ideia é tão nova a ponto de não existir referências no assunto. O pesquisador precisa ter o senso de que embora a pesquisa agregue ideias e valores, não será um projeto iniciado do zero. Os estudos se desenvolvem a partir de uma base e devem contribuir para a literatura (GROAT e WANG, 2002).

Um estudo de caso é um paradigma empírico que investiga um fenômeno contemporâneo no contexto da vida real, especialmente quando as fronteiras entre fenômeno e contexto não estão claramente evidentes (YIN, 2013, p.125).

Sendo assim buscou-se autores sobre o tema abordado, no que se refere à estrutura do jardim de chuva, Dunnett e Clayden (2007) propõem uma estrutura composta de seis camadas, a partir do limite de profundidade (Figura 7).

Figura 7 - Estrutura básica proposta para um jardim de chuva



Fonte: Dunnett e Clayden (2007).

O quadro abaixo (Quadro 5) apresenta algumas estruturas de jardim de chuva propostas na literatura.

Quadro 5 - Apresentação de algumas estruturas de jardim de chuva propostas na literatura

Referência	Estrutura das camadas propostas
Dussaillant, Wu e Potter, 2004	1. Subsolo urbano sem espessura definida; 2. Geotêxtil (manta filtrante); 3. Areia – 70 cm; 4. Adubação – 50 cm de mistura (60% de areia e 40% de matéria orgânica); 5. Cobertura vegetal.
Aravena e Dussaillant, 2009	1. Areia – 150 cm; 2. Adubação – 50 cm de mistura – 50% de areia e 50% de composto orgânico; 3. Cobertura vegetal.
Muthanna, Viklander e Thorolfsson, 2008	1. Cascalho – 10 cm; 2. Malha fina de plástico (filtração); 3. Areia grossa – 50 cm; 4. Adubação – 5 a 10 cm; 5. Bordo livre para retenção – 15 cm; 6. Cobertura vegetal.
Trowsdale e Simcock, 2011	1. Areia – 15 cm; 2. Calcário – 60 a 70 cm; 3. Solo misto – 30 a 40 cm – pedregulhos e solo fértil; 4. Mistura de folhas – 5 cm; 5. Cobertura vegetal.

Fonte: Melo *et al* (2013).

3.2 INSTALAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo foi avaliado neste trabalho a partir de análises de suas funções de filtração de metais pesados através da fitorremediação onde será analisada a qualidade da água percolada.

O referido protótipo apresenta o formato de prisma medindo 50cm de largura, 70cm de comprimento e 100cm de profundidade, onde foram impermeabilizadas todas as junções (Figura 8).

Figura 8 - Protótipo/Impermeabilização juntas



Fonte: Autora (2020).

A saída do coletor de água com material acrílico (Figura 9), para que não houvesse interferência nas análises físico químico.

Figura 9 - Saída coletor de água protótipo

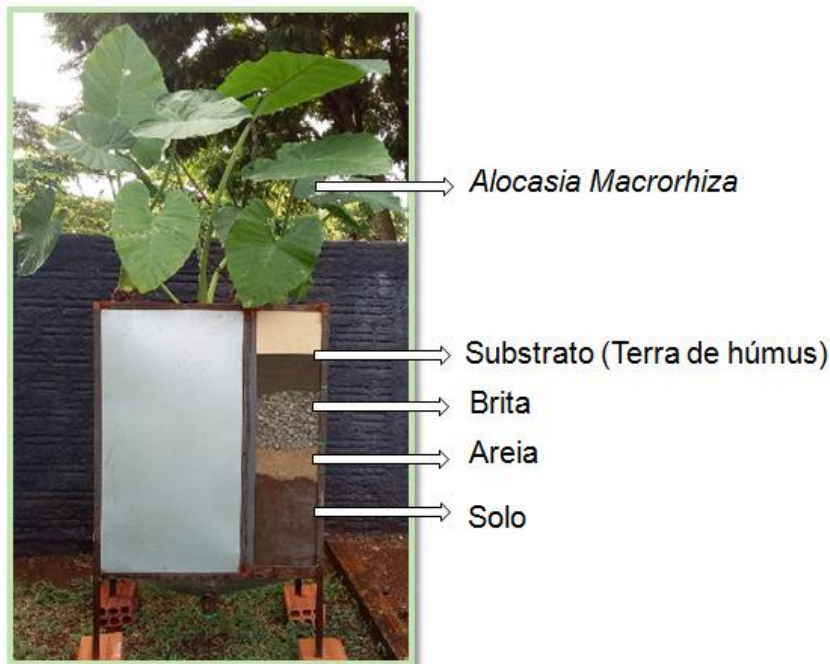


Fonte: Autora (2020).

Com relação as camadas foram divididas em cinco etapas sendo a primeira camada com espécie vegetal (*Alocasia Macrorrhiza* adquirida em floricultura local), a segunda com substrato (terra de húmus), a terceira camada pedra brita, a quarta camada com areia e a última com solo da região (Figura 10).

- (1) Cobertura vegetal - dispostas no local onde fica a retenção da água, devido à diferença de altura em relação à superfície do solo.
- (2) Substrato - 20 cm - mistura composta de terra preta e húmus de minhoca, na mesma proporção (1:1). O topo da camada do substrato fica 10 cm abaixo do nível do solo existente, formando uma lâmina d'água retida na superfície do experimento, para posterior infiltração.
- (3) Brita - 30 cm - facilita o movimento da água no sistema e desempenha a função de armazenamento para as águas infiltradas no experimento. A brita utilizada é do tipo 19 e apresenta porosidade de 52%.
- (4) Areia - 10 cm - filtro natural para as águas infiltradas no sistema.
- (5) Solo da região - 40 cm.

Figura 10 - Preenchimento por camadas no protótipo



Fonte: Autora (2020).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo dessa pesquisa é a água superficial do Lago Municipal localizado no Parque Ecológico Paulo Gorski na cidade de Cascavel-Pr. Justifica-se a escolha da água superficial, pois se assemelha a água advinda do escoamento pluvial trazendo efluentes a qual seria controlada pela drenagem dos jardins de chuva, alocados em passeios públicos.

A escolha do local se dá pela estiagem de chuvas ocorridas nos períodos dessa pesquisa, onde o Lago Municipal serviu de captação pela Companhia de Saneamento do Estado do Paraná – SANEPAR.

Segundo o SIMEPAR (2020) a situação foi de seca extrema em 8,6% do território, outros 61% do estado registraram seca grave, na área entre o litoral, passando pelos Campos Gerais, até a Mesorregião Oeste do Paraná. A influência da *La Niña* interferiu diretamente no volume e na distribuição das chuvas pelo Paraná. Entre outubro e dezembro, o Estado passou por uma pequena anomalia negativa de chuvas, ou seja, com os índices de precipitação menores em relação às médias históricas e distribuídas de maneira irregular.

Outro órgão que monitora os resultados de secas no Paraná, o projeto da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), apontou que 8,6% do território do estado do Paraná apresentaram situação de seca extrema.

3.3.1 Local estudo de caso

Cascavel situada na Mesorregião Oeste do Paraná (Figura 11), encontra-se assentada entre dois eixos rodoviários de relativa importância, a BR277 que liga Curitiba à Foz do Iguaçu e a BR 467, que liga Cascavel à Toledo. A cidade apresenta um divisor de três bacias hidrográficas, sendo elas a Bacia do Rio Piquiri, Bacia do Rio Iguaçu e Bacia do Rio Paraná.

Figura 11 - Localização de Cascavel-Pr



Fonte: IPARDES (2017). Adaptado pela autora (2021).

A cidade, possui muitas nascentes e córregos, esses locais são considerados pela Legislação Federal 12.651/2012 como áreas de preservação permanente, coberta ou não por vegetação nativa, são previstas para essas áreas, mata ciliar dentre outros parâmetros. A lei de parcelamento do solo da cidade legisla que essas áreas também são caracterizadas como ZEI - Zona de Especial Interesse (PREFEITURA MUNICIPAL DE CASCAVEL, 2019).

Cascavel (Figura 12) é a 5ª cidade mais populosa do Paraná, com seus 300 mil habitantes, consolidou a posição de polo econômico regional e epicentro do Mercosul, destaca-se como polo universitário, com mais de 21 mil estudantes, em sete instituições de ensino.

É também referência na medicina e prestação de serviços. Seu comércio e infraestrutura industrial e de serviços demonstram a grandiosidade tecnológica da cidade.

As forças que tornaram Cascavel um pólo regional também estão ligadas ao agronegócio, com culturas agroindustriais, passando pela comercialização e a oferta de serviços especializados (FIEP, 2021).

Figura 12 - Cascavel - Pr



Fonte: Nery Cardoso (2020).

3.3.2 Parque Ecológico Paulo Gorski

O Parque Ecológico Paulo Gorski contempla o Lago Municipal e o Parque Danilo Galafassi – Zoológico (Figura 13), em dimensionamento é o maior na área urbana (Figura 14). Este parque apresenta uma área de 111,26 hectares, sendo 55,35 hectares de mata nativa e 41 hectares de lâmina d'água (SOUSA, 2016).

Figura 13 - Localização Lago Municipal e Parque Danilo Galafassi



Fonte: Google Maps (2021). Adaptado pela autora (2021).

Segundo Sousa (2016), atualmente o Parque Danilo Galafassi se constitui como a maior reserva urbana do Sul do Brasil.

Figura 14 - Localização Parque Paulo Gorski – Cascavel-Pr



Fonte: Google Maps (2021). Adaptado pela autora (2021).

Situado na bacia hidrográfica do Rio Cascavel, o lago possui 4 bilhões de litros de água armazenada, oriunda de vários córregos de pequeno porte. Com vazão de $0,209\text{m}^3$ por segundo, o tempo de residência da água é de 224,8 dias (Sousa *apud* CASCAVEL, 2015).

A vazão do vertedouro representa 70% de contribuição para a captação de água da SANEPAR, no Rio Cascavel, utilizada no abastecimento da cidade, fator este que o classifica como área de fragilidade ambiental.

3.3.3 Coleta da água para análise

A coleta das amostras de água foi no Lago Municipal (Figura 15) onde todas as coletas do material foram feitas na borda do lago, com balde e funil.

Nas amostragens das águas superficiais foram analisados os parâmetros físico-químico dos elementos Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Fluoreto (F), Mercúrio (Hg) e Zinco (Zn), esses elementos estão presentes no escoamento de águas pluviais oriundas das vias de rolamento.

Figura 15 – Vista do Lago Municipal – Cascavel-Pr



Fonte: Nery Cardoso (2019).

Foram realizadas amostragens da água superficial em três pontos com datas diferentes (Figura 16), sendo a primeira coleta P1 (cor vermelha) próximo ao vertedouro, a segunda coleta P2 (cor azul) próximo ao parque Danilo Galafassi - Zoológico e a terceira coleta P3 (cor amarela) braço da área do exército.

Figura 16 - Pontos de coleta das amostras de água



Legenda

- P1 Coleta realizada em 02 dezembro 2020
- P2 Coleta realizada em 04 março 2021
- P3 Coleta realizada em 06 maio 2021

Fonte: Google Maps (2021). Adaptado pela autora (2021).

Todas as análises que foram realizadas seguiram considerando padrões recomendados pela Resolução nº 357/2005 CONAMA, que dispõe sobre as condições, parâmetros, diretrizes e padrões de lançamento de efluentes, em corpos de água receptores.

Na primeira análise dia 02 de dezembro de 2020 (P1) o ponto de coleta foi próximo ao vertedouro (Figura 17), que mostra o impacto da estiagem de chuvas e como isso reflete diretamente no Lago Municipal.

Figura 17 - Ponto de coleta próximo ao vertedouro



Fonte: Autora (2020).

Água foi coletada em recipiente adequado cedido pelo laboratório A3Q, bem como caixa de isopor com gelo para acondicionar até o transporte ao laboratório (Figura 18).

Figura 18 - Frascos com água superficial para análise físico químico



Fonte: Autora (2020).

Para a análise dos ensaios de infiltração e filtração foram coletados 30L de água superficial (Figura 19) e colocada em recipientes apropriados livres de impurezas para simular o evento no protótipo.

Figura 19 - Recipientes com água superficial para filtração protótipo



Fonte: Autora (2020).

Nas três coletas foram usados o mesmo método de entrada de água no protótipo, sendo despejados os 30L de água formando uma lâmina d'água com 20cm na superfície da biorretenção, o tempo de percolação foi de 30min.

Após percolar pelo protótipo (Figura 20), a água coletada foi 500ml para análise físico químico em laboratório, a qual foi acondicionada de maneira recomendada e encaminhada no dia seguinte para análise.

Figura 20 - Coleta/frascos água percolada pelo protótipo para análise



Fonte: Autora (2020).

A segunda coleta foi realizada no dia 05 de março de 2021 (P2), conforme mostrado na figura 16, o ponto de coleta foi próximo ao Parque Danilo Galafassi – Zoológico. Esse local é receptor de águas pluviais provenientes do entorno, o qual possui na região postos de combustível, mecânicas de carros e “lavacar”. Segundo Mukai (2003) “[...] situação geográfica do lago favorece o escoamento superficial de águas de chuva das áreas impermeabilizadas gerando um potencial poluidor representado pelo arraste de diferentes atividades, como o esgoto sanitário e de galerias pluviais”. Dias antes da coleta, o Lago Municipal de Cascavel voltou a atingir o nível normal de água (Figura 21), devido a intensidade de chuvas, apresentando uma vazão de 4 bilhões de litros de água, voltando a vazão normal (SANEPAR, 2021).

Figura 21 - Vertedouro Lago Municipal



Fonte: Autora (2021).

Água devidamente acondicionada nos frascos para análise em laboratório (Figura 22).

Figura 22 - Frascos com água superficial para análise físico químico



Fonte: Autora (2021).

Para coleta dos 30L de água superficial, novamente foram usados os mesmos recipientes livres de impurezas, para que não houvesse interferência nos resultados (Figura 23).

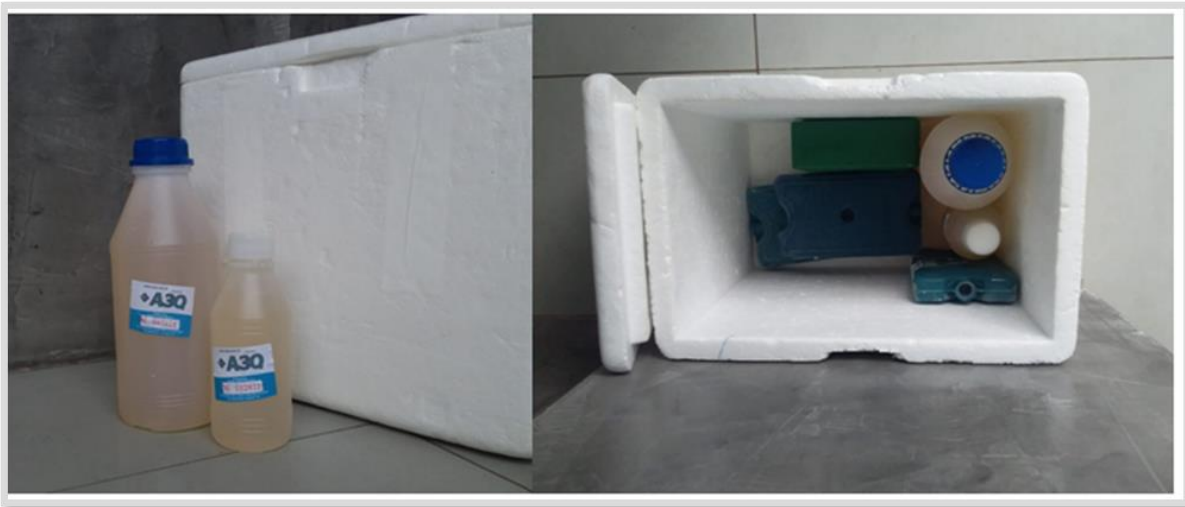
Figura 23 - Recipientes com água superficial para filtração protótipo



Fonte: Autora (2021).

Coleta da água após percolar pelo protótipo (Figuras 24), sendo coletada 500ml de água para análise físico químico em laboratório, a qual foi acondicionada de maneira recomendada e encaminhada no mesmo dia para análise.

Figura 24 - Coleta/frascos água percolada pelo protótipo para análise



Fonte: Autora, 2021

Na terceira coleta datada em 06 de maio de 2021 o local escolhido foi o braço do exército (P3), mostrado na figura 16.

Água coletada em recipiente para análise laboratorial (Figura 25).

Figura 25 - Frascos com água superficial para análise físico químico



Fonte: Autora (2021).

Para coleta dos 30L de água superficial, novamente foram usados os mesmos recipientes livres de impurezas, para que não houvesse interferência nos resultados (Figura 26).

Figura 26 - Recipientes com água superficial para filtração protótipo



Fonte: Autora (2021).

A água foi despejada na parte superior do protótipo simulando o evento, após percolar, 500ml da amostra foi devidamente acondicionada de maneira recomendada e encaminhada para o laboratório A3Q no mesmo dia para análise (Figura 27).

Figura 27 - Coleta/frascos água percolada pelo protótipo para análise



Fonte: Autora (2021).

Importante salientar que todas as amostras chegaram de maneira adequadas até o laboratório, seguindo todos os métodos recomendados pelo laboratório, mantendo o mesmo trajeto de distância entre local de coleta até o destino de entrega das amostras, refrigeração em caixas térmicas com gelo, feita a técnica

de preservação química, estabilizando os parâmetros de interesse das amostras garantindo assim a qualidade para a análise.

Os procedimentos de métodos utilizado pelo laboratório é o analítico com base no *Standart methods for the examination of water and wastewater*, *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Water Environment Federation* (WEF).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados obtidos com a metodologia do capítulo 3 (Materiais e Métodos), para análise dos laudos laboratoriais.

4.1 COLETA P1 – 02 de dezembro de 2020 (Tabelas 1 e 2)

Os dados fornecidos pelo laboratório A3Q, pela primeira análise físico químico foram otimistas em relação ao elemento Ferro (Fe). Os demais poluentes não tiveram resultados significativos.

Tabela 1 - Recorte Laudo água superficial do Lago Municipal

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽²⁾ Sem Valor De Referência	0,011	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	3,490	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	02-12-2020	10-12-2020
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	02-12-2020	08-12-2020
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	02-12-2020	10-12-2020

Fonte: Laboratório A3Q (Ver anexos)

Um fato que chama a atenção é para o elemento Zinco (Zn), que houve um aumento, após passagem pelo protótipo.

Tabela 2 - Recorte Laudo percolada pelo protótipo

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽²⁾ Sem Valor De Referência	0,011	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,079	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	03-12-2020	08-12-2020
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	03-12-2020	08-12-2020
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	0,216	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	03-12-2020	08-12-2020

Fonte: Laboratório A3Q (Ver anexos)

4.2 LAUDOS P2 – 04 de março de 2021 (Tabelas 3 e 4)

As análises nesse ponto do lago apresentaram maior concentração de alguns elementos poluentes.

Tabela 3 - Recorte Laudo água superficial do Lago Municipal

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,005 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ COBRE	0,022	mg/L	⁽²⁾ VMP - 2 mg/L	0,011	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,412	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,3 mg/L	0,003	05-03-2021	19-03-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,5 mg/L	0,15	05-03-2021	11-03-2021
⁽²⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	2,290	mg/L	⁽²⁾ VMP - 5 mg/L	0,06	05-03-2021	19-03-2021

Fonte: Laboratório A3Q (Ver anexos).

Após a água percolar pelo protótipo observa-se um significativo resultado da utilização da planta que apresenta potencial para fitorremediação a *Alocasia Macrorrhiza*. Os metais Ferro e Zinco diminuíram consideravelmente.

Tabela 4 - Recorte Laudo água percolada pelo protótipo

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,005 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ COBRE	0,026	mg/L	⁽²⁾ VMP - 2 mg/L	0,011	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,219	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,3 mg/L	0,003	05-03-2021	19-03-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,5 mg/L	0,15	05-03-2021	11-03-2021
⁽²⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽²⁾ VMP - 5 mg/L	0,06	05-03-2021	19-03-2021

Fonte: Laboratório A3Q (Ver anexos).

4.3 COLETA P3 – 06 de maio de 2021 (Tabelas 5 e 6)

No laudo do P3 o laudo aponta um resultado com concentração maior para o Ferro (Fe) e Fluoreto (F).

Tabela 5 - Recorte Laudo água superficial do Lago Municipal

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽²⁾ Sem Valor De Referência	0,011	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	1,710	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	07-05-2021	15-05-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	0,71	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	07-05-2021	14-05-2021
⁽²⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	07-05-2021	15-05-2021

Fonte: Laboratório A3Q (Ver anexos).

Após a percolação da água pelo protótipo observa-se uma redução significativa para o Ferro (Fe) e para o Fluoreto (F).

Tabela 6 - Recorte Laudo água percolada pelo protótipo

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽²⁾ Sem Valor De Referência	0,011	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,204	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	06-05-2021	15-05-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	0,42	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	06-05-2021	14-05-2021
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	06-05-2021	15-05-2021

Fonte: Laboratório A3Q (Ver anexos).

4.4 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DOS POLUENTES ATRAVÉS DA FITORREMEDIAÇÃO

O método avaliado é o da precipitação efetiva, que ocorre, durante e após uma chuva intensa, em uma bacia hidrográfica, assim que a água da precipitação pluviométrica tenha sua parte drenada, infiltrada e absorvida pelos diferentes pontos desta bacia hidrográfica.

A compilação dessas informações permitiu a análise comparativa da qualidade da água dos escoamentos antes e depois da percolação pelo protótipo.

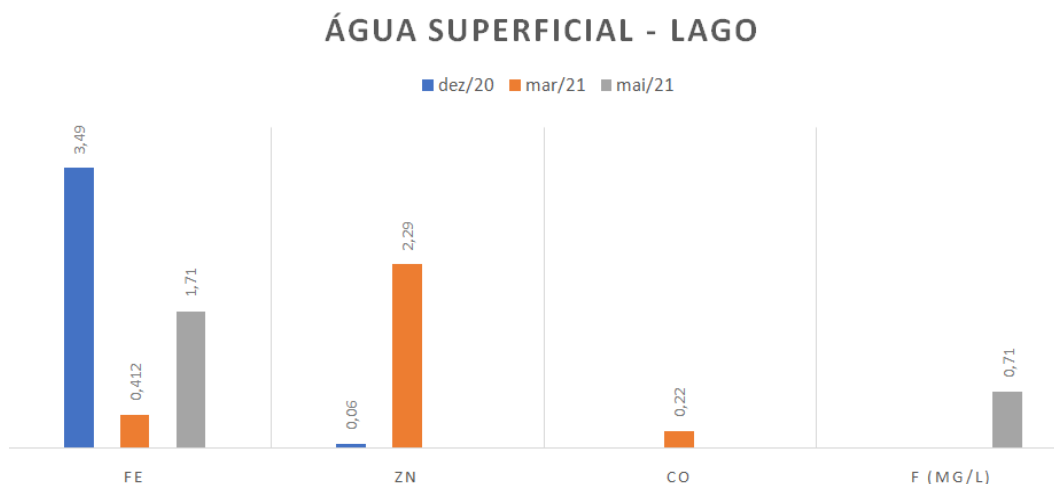
A partir das análises realizadas, os metais que apresentaram porcentagem de diminuição ou aumento foram compilados e separados por datas de coleta (Tabela 7), cruzadas essas informações foram demonstradas os desempenhos através de gráficos (Figuras 28 e 29).

Tabela 7 - Compilação de dados de análises físico-químico

Data Coleta	Laudo Água Superficial / Lago	Laudo Água Percolada / Protótipo	Redução Em %	Aumento Em %	Resolução 357/2005 CONAMA
Dezembro 2020	Fe 3,490 Zn 0,06	Fe 0,079 Zn 0,216	Fe 97,73%	Zn 360%	Fe 15,0mg/l Zn 5,0mg/l
Março 2021	Fe 0,412 Co 0,22 ZN 2,290	Fe 0,219 Co 0,26 Zn 0,06	Fe 46,85% Zn 97,38%	Co 18%	Fe 15,0mg/l Co 1,0mg/l Zn 15,0mg/l
Maio 2021	Fe 1,710 F 0,71	Fe 0,204 F 0,42	Fe 88,08% F 40,85%		Fe 15,0 mg/l F 10,0mg/l

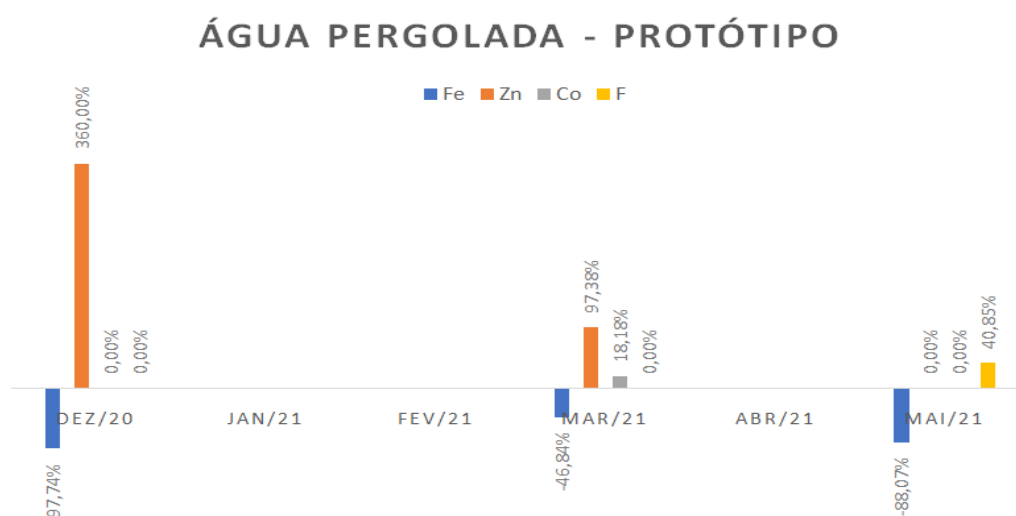
Fonte: Autora (2021).

Figura 28 - Gráfico da porcentagem dos metais na água superficial do lago



Fonte: Autora (2021).

Figura 29 - Gráfico da porcentagem da redução e aumento dos metais da água percolada pelo protótipo



Fonte: Autora (2021).

Observa-se que na primeira coleta de dezembro 2020 (P1) e na segunda coleta de março de 2021 (P2), e na terceira 06 de maio de 2021 (P3) há uma diminuição significativa dos metais Ferro (Fe) e Zinco (Zn) após a percolação pelo protótipo; os demais metais apresentaram níveis baixos na coleta da água superficial do Lago Municipal não tendo margem para parâmetros. Considerando que a coleta da água superficial do Lago Municipal na data de março 2021 (P2) e na data de maio (P3) a precipitação pluviométrica estava alta, e tenha favorecido a condução de poluentes para dentro do Lago, pois, foi o laudo que mais acusou metais na amostra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo contribui para o desenvolvimento de técnicas e alternativas que auxiliem no manejo das águas pluviais urbanas de maneira eficiente e sustentável, o que é essencial para a melhoria da qualidade urbana ambiental das cidades e da vida da população. Isso porque essas alternativas minimizam os efeitos negativos ocasionados, principalmente, pelo sistema de drenagem urbana, devido ao processo de urbanização e a consequente substituição de áreas permeáveis por extensas áreas impermeáveis.

Utilizado como um dispositivo de auxílio no manejo das águas pluviais urbanas, o protótipo foi avaliado neste trabalho a partir de análises laboratoriais físico-químico de suas funções de filtração de metais pesados através da fitorremediação.

Durante a pesquisa as análises dos testes se mostraram com resultados significativos e positivos com relação ao metal Ferro (Fe) e Zinco (Zn). Considerando que a brita e a areia tem função de facilitar o movimento da água no protótipo, comprova a eficiência de absorção dos metais citados acima da *Alocasia Macrorrhiza*, se tornando um coadjuvante nesse sistema de biorretenção através da fitorremediação, contribuindo assim para descontaminação ambiental.

Esse sistema de biorretenção com fitorremediação se apresenta de baixo custo e com viabilidade para ser implantados no meio urbano.

Por fim, espera-se que este trabalho venha inspirar outras pesquisas e projetos, contribuir para o despertar de uma nova consciência para o desenvolvimento urbano onde cada vez mais sejam priorizadas as tecnologias amigas do meio ambiente e a preservação e manutenção dos ecossistemas naturais.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As plantas podem ser usadas para a remediação, mitigação e contenção dos contaminantes no ambiente urbano, seja a poluição das águas pluviais e superficiais. Além disso, as plantas podem ser usadas no tratamento de efluentes a partir da tecnologia de fitorremediação.

Com esse pensamento sugere-se pesquisas e testes com outros tipos de plantas, ao longo dos estudos e leituras para esse trabalho, nota-se que há um leque de possibilidades de pesquisas com variedades de espécies vegetais, as quais funcionam como fitorremediadoras.

Pode-se pensar não somente para área urbana, mas sim para áreas rurais, perto de açudes e rios, propondo plantas que filtrem os elementos encontrados nos agroquímicos, usualmente chamados de agrotóxicos; e na área industrial onde fábricas produzem resíduos líquidos e efluentes contaminantes.

Outro fato importante que deve ser levado em consideração é conhecer a espécie vegetal que será proposta, suas características para cada clima, para que a pesquisa não seja interrompida por intempéries climáticas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L.; MAHLER, C. F. **Fitorremediação - O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 175p.
- ARAVENA, J. E.; DUSSAILLANT, A. *Storm Water Infiltration and Focused Recharge Modeling With Finite-Volume Two-Dimensional Richards Equation: application to an experimental rain garden*. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 135, n. 12, p. 1073-1080. 2009.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2011.
- BATTEMARCO, B. P. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Engenharia Civil (PEC-COPPE) Paisag. Ambiente: Ensaios, São Paulo, n. 42, p. 55-74, jul./dez., 2018.
- BRAGA, R. M. B. **Estudo da remoção de poluentes de águas de drenagem urbana por um dispositivo de biorretenção**. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Maceió, 2017.
- BURNS, M. J.; FLETCHER, T. D.; WALSH, C. J.; LADSON, T.; HATT, M. *Hydrologic Shortcomings of Conventional Urban Stormwater Management and Opportunity for Reform*. **Landscape and Urban Planning**. p. 230-240. 2012.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a Proteção da Vegetação Nativa**. Brasília, 2012.
- CASCADEL. **Conheça Cascavel PR. Um Novo Destino para Negócios e Eventos. Cascavel, 2015**. Disponível em: <http://www.cascavel.pr.gov.br/arquivos/conheca-cascavel.pdf>. Acesso em: 28 maio 2021.
- CITY OF SAN DIEGO STORM WATER DIVISION. **San Diego Low Impact Development Manual**. San Diego, CA: Tetra Tech, Inc, 2011a. 312 p.
- CORMIER, N. S.; PELLEGRINO P. R. M. **Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana**. In. Revista Paisagem e Ambiente: ensaios. Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, n. 25, São Paulo: FAU, 2008.
- COSTA, S. M. S. P. da. **Avaliação do potencial de plantas nativas do Brasil no tratamento de esgoto doméstico efluentes industriais em “wetlands” construídos**. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004. 119 p.

DUNNETT, N.; CLAYDEN. ***A Rain Gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape***. Portland: Workman, 2007.

DUSSAILLANT, A. R.; WU, C. H.; POTTER, K. W. *Richards Equation Model of a Rain Garden*. ***Journal of Hydrologic Engineering***, v. 9, n. 3. p. 219-225, 2004.

FIEP. Sistema Federação das Indústrias do Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/nossosistema/-cascavel-a-capital-do-oeste-paranaense-2-12480-125565.shtml>. Acesso em: 28 maio 2021.

FREITAS, J. C. ***Avaliação da Alocasia macrorhiza como Fitorremediadora dos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn***. Tese (Doutorado em Biotecnologia) — Universidade Federal do Amazonas, 2009. Manaus: UFAM, 2009. 99 f.; il. Color.

HERZOG, C. P. ***Infra-estrutura verde para cidades mais sustentáveis***. Secretaria do Ambiente. Versão Executiva. [S. I.]: ICLEI Brasil, 2010.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=164&btOk=ok. Acesso em: 10 fev. 2021.

GARCIAS, J. I. B. ***Monitoramento Hidrológico e Modelagem da Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Arroio Cancela***. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

GROAT, L.; WANG, D. ***Architectural Research Methods***. New York: John Wiley & Sons Inc, 2002.

GUILHERME, L. R. G.; MARCHI, G. ***Elemento-traço: os metais pesados no Solo***. DBO Agrotecnologia, v.2, n.5, p.20–21, 2005.

LAMEGO, F. P., VIDAL, R. A. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? Pesticidas: ***Revista de Ecotoxicol e Meio Ambiente***, Curitiba, v. 17, p. 9-18, jan./dez. 2007

LARSON, K. A.; WEINCEK, J. M., ***Mercury removal from aqueous streams utilizing micro emulsion liquid membranes***. Environmental Progress, v. 11, n. 2, p. 456-464, 1994.

LORENZI, H.; FILHO, L. E. M. ***As Plantas Tropicais de R. Burrle Marx -The Tropical Plants of R. Burrle Marx***. São Paulo: Instituto Plantarium de Estudos da flora, 2001. 488p.

MARTIN, P. A. ***Sustentabilidade da Paisagem: Infraestrutura verde para a cidade***. Rio de Janeiro: Apresentação, CAU-PUC, 1º semestre, 2011.

MELO, T. dos A. T. de; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de Chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Revista Ambiente Construído**, 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Guia de preparação e resposta à emergência em saúde pública por inundação**. Brasília, 2017.

MOURA, N. C. B. de. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva**. 2014. text - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-30052014-104153/>. Acesso em: 19 out. 2020.

MUKAI, H. **Proposta de modelo de gestão ambiental baseado na comunidade – Estudo de caso no Lago Municipal de Cascavel, PR**. Florianópolis: UFSC, 2003.

MUTHANNA, T. M.; VIKLANDER, M.; THOROLFSSON, S. T. **Seasonal Climatic Effects on the Hydrology of a Rain Garden**. *Hydrological Process*, v. 22, n. 11, p. 1640-1649, 2008.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. **Técnicas Compensatórias em Águas Pluviais**. In: RIGHETTO, A. M. (coord.). *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. Rio de Janeiro: ABES. 396p. (2009).

PELLEGRINO, P. R. M. **A paisagem como Infraestrutura: função e método**. Volume apresentado ao concurso de títulos a FAUUSP. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2014.

PIO, M. C. da S. **Estudo da viabilidade da remoção de metais potencialmente tóxicos de um igarapé da região do Pólo Industrial de Manaus (PIM) utilizando um sistema piloto de tanque com macrófita e wetland construído**. Tese de doutorado. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2012. 105f.: il. Color.

PILON-SMITS, E. **Phytoremediation**. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v.56, p.15-39, 2005.

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol 5, n. 1, 2000. Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf. Acesso em: 12 set. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CASCAVEL. **Diagnóstico do Plano Diretor. Secretaria de Planejamento e Urbanismo de Cascavel**. 2016. 391f. Disponível em: <<https://portal dosmunicipios.pr.gov.br/download/public/arquivos/documentos/58/2019/02/28/X73ID6W4UkajKLhXZFZoOMuf2UcX17eQksXaDnRt.pdf>> Acesso em: 01 fev. 2021.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RIMES, L. A. G **Medidas Compensatórias de Infiltração na Drenagem Urbana Sustentável** / Lucy Antunes Grisolia Rimes. – 2015. 157 p.

RASKIN, I., KUMAR, P. B. A. N., DUSHENKOV, S.; SALT, D. E. **Bioconcentration of heavy metals by plants**. Current Opinion in Biotechnology, London, v.5, n.3,p.285-290, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal>>. Acesso em: 30 de julho, 2020.

SIMEPAR, Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Disponível em: http://www.simepar.br/prognoszweb/simepar/timeline/boletim_climatologico. Acesso em: 20 de março, 2021.

SOUSA, R. E. **Planejando a Paisagem: abordagem e diretrizes para o sistema ambiental urbano de Cascavel-Pr**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia. Maringá: 2016. 91f.

SOUSA NETO, A. G. de S. **Desenvolvimento de sistema wetland construído combinado com reator eletroquímico para tratamento de efluentes contaminados com metais potencialmente tóxicos (MPT)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas: 2014. 63f.: il. Color.

SOUZA, C. S.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 17, no. 2, p 9-18, abr/jun. 2012.

SOUZA, V. C. B. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial**. Tese de doutorado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3006/000330321.pdf?sequence=1> Acesso em: 02 agosto 2020.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. **Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano**. Química Nova, v. 15, n. 2, p. 147-155, 1992.

TROWSDALE, S. A.; SIMCOCK, R. **Urban Stormwater Treatment Using Bioretention**. Journal of Hydrology, v. 397, n. 3-4, p. 167-174, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Parâmetros do Hidrograma Unitário para bacias urbanas brasileiras**. Artigo submetido à RBRH. 2002.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Revista Ciência e Cultura**. 55. 36-37. 2003.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. ***Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1***. Cincinnati, OH: National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development, 2015. 352 p.

YIN, Robert K. **Case Study Research: Design and Methods**. Fifth Edition edition ed. Los Angeles: SAGE Publications, Inc, 2013.

ANEXOS

ANEXO A - Laudo Laboratório A3Q Água superficial do Lago Municipal Paulo Gorski P1



www.a3q.com.br

Dados do Solicitante

Solicitante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO		CNPJ/CPF: 633.484.709-00	
Endereço: RUA ACÁCIA N 688		CEP: 85420000	
Cidade: CORBÉLIA	Estado: PR	Responsável pela solicitação: SANDRA MAGDA*	
		Telefone: (45) 99127.5057	

Página 1 de 1 Emissão 23/12/2020

Dados da Amostra

Ordem Serviço: 9747205	Código da amostra: 38141FQ20		
Local da amostragem / Órgão expedidor: LAGO MUNICIPAL PAULO G. GORSKI CASCAVEL - PR			
Descrição da amostra (Tipo): ÁGUA SUPERFICIAL		Lote: NA	Lacre: NA
Ponto de coleta: LAGO MUNICIPAL PAULO G. GORSKI CASCAVEL - PR -		Resp. coleta: SANDRA CARDOSO	
Fabricação: NA	Validade: NA	Coleta: 02/12/2020 13:00	Temp. Coleta: NA
Remessa: NI	Recebimento: 02/12/2020 13:50	Etiqueta: 366726/ 373239	Temp. recebimento: 22,0°C
		Fabricante: LAGO MUNICIPAL PAULO G. GORSKI C	
		Condições da amostra: NORMAL - FRASCO	

Relatório de Ensaio Físico-Químico - 9.747.205-1

Errata:
Este relatório de ensaio substitui e invalida o de N°: 9747205-0

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽²⁾ Sem Valor De Referência	0,011	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	3,490	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	02-12-2020	10-12-2020
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	02-12-2020	08-12-2020
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	02-12-2020	10-12-2020
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	02-12-2020	10-12-2020

Abreviatura:

NA = Não aplicado | NI = Não informado | LQ = Limite de Quantificação | NE = Não Especificado | ND = Não Detectável | VMP = Valor Máximo Permitido

Metodologia(s):

- (1) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017. Method 3030 H - 3120
- (2) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017 - Method 4500-F D
- (3) PE FQ115

Informações adicionais:

- (a) Resolução nº 357, 17 de março de 2005 - Águas doces

Todas as informações constam nos dados brutos das análises e estão a disposição do solicitante.
O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostra(s) analisada(s).
Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
Procedimento de amostragem: Plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

Comentário(s):

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo deste laboratório.

Cribio PR: 83724/07-D
 Lilian Patricia Ramos

CRF PR: 716
 Alvaro Largura PhD



Para validar a assinatura do seu laudo acesse conferirassinatura.a3q.com.br e digite o código OTc0NziwIX e a série wzODE0MUZRMJB8MQ==

Rua Uruguai, 533 - Alto Alegre - 85805-010 - Cascavel - PR
Fone: 45 3333 6000 - Fax: 45 3333 6049
CNPJ: 05.542.544/0001-70

Signatários:
Dr. Alvaro Largura, PhD CRF: 716
Anderson Rosa CRBio: 106254/07-D
Bruna Camila Garcia CRBio: 108044/07-D

Leticia Nazari CRBio: 50702/07-D
Lilian Patricia de Ramos CRBio: 83724/07-D

ANEXO B - Laudo Laboratório A3Q Água percolada protótipo P1



www.a3q.com.br

Dados do Solicitante

Solicitante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO		GNP/JCPF: 633.484.709-00	Validador do relatório
Endereço: RUA ACÁCIA N 688		CEP: 85420000	
Cidade: CORBÉLIA	Estado: PR	Responsável pela solicitação: SANDRA MAGDA*	
		Telefone: (45) 99127.5057	

Página 1 de 1 Emissão 23/12/2020

Dados da Amostra

Ordem Serviço: 9748632	Código da amostra: 38465FQ20			
Local da amostragem / Órgão expedidor: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO				
Descrição da amostra (Tipo): ÁGUA SAÍDA FILTRO/PROTÓTIPO			Lote: NI	Lacre: NI
Ponto de coleta: PROTÓTIPO -			Resp. coleta: SABDRA	
Fabricação: ni	Validade: ni	Coleta: 02/12/2020 15:40	Temp. Coleta: NI	Fabricante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO
Remessa: NI	Recebimento: 03/12/2020 11:06	Etiqueta: NI	Temp. recebimento: 4,5°C	Condições da amostra: NORMAL - FRASCO

Relatório de Ensaio Físico-Químico - 9.748.632-1

Errata:

Este relatório de ensaio substitui e invalida o de N°: 9748632-0

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽¹⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽³⁾ Sem Valor De Referência	0,011	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,079	mg/L	⁽⁴⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	03-12-2020	08-12-2020
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽⁵⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	03-12-2020	08-12-2020
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽⁶⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	03-12-2020	08-12-2020
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	0,216	mg/L	⁽⁷⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	03-12-2020	08-12-2020

Abreviatura:

NA = Não aplicado | NI = Não informado | LQ = Limite de Quantificação | NE = Não Especificado | ND = Não Detectável | VMP = Valor Máximo Permitido

Metodologia(s):

- (1) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017. Method 3030 H - 3120
- (2) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017 - Method 4500-F D
- (3) PE FQ115

Informações adicionais:

- (a) Resolução nº 357, 17 de março de 2005 - Águas doces

Todas as informações constam nos dados brutos das análises e estão à disposição do solicitante.

O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostra(s) analisada(s).

Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

Procedimento de amostragem: Plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

Comentário(s):

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo deste laboratório.

Lilian Patricia Ramos
 Crtbio PR: 83724/07-D
 Lilian Patricia Ramos

Alvaro Largura PND
 CRF PR: 716
 Alvaro Largura PND



Para validar a assinatura do seu laudo acesse conferirrassinatura.a3q.com.br e digite o código OTc0DYzMn e a série wzODQ2NUZRMjB8MQ==

Rua Uruguai, 533 - Alto Alegre - 85865-010 - Cascavel - PR
 Fone: 45 3333 6000 - Fax: 45 3333 6049
 CNPJ: 05.842.544/0001-70

Signatários:

Dr. Alvaro Largura, PhD CRF: 716
 Anderson Rosa Crtbio: 108204/07-D
 Bruna Camila Garcia Crtbio: 108044/07-D

Leticia Nazarian Crtbio: 50702/07-D
 Lilian Patricia de Ramos Crtbio: 83724/07-D

ANEXO C - Laudo Laboratório A3Q Água superficial do Lago Municipal Paulo Gorski P2



www.a3q.com.br

Dados do Solicitante

Solicitante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO		CNPJ/CPF: 633.484.709-00	Validador do relatório
Endereço: RUA ACÁCIA N 688		CEP: 85420000	
Cidade: CORBÉLIA	Estado: PR	Responsável pela solicitação: SANDRA MAGDA*	
		Telefone: (45) 99127.5057	

Página 1 de 1 Emissão 19/03/2021

Dados da Amostra

Ordem Serviço: 9793484	Código da amostra: 7581FQ21		
Local da amostragem / Órgão expedidor: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO			
Descrição da amostra (Tipo): ÁGUA SUPERFICIAL		Lote: NI	Lacre: NI
Ponto de coleta: LAGO MUNICIPAL PAULO GORSKI CASCAVEL - PR -		Resp. coleta: SANDRA MATTEI CARDOSO	
Fabricação: NI	Validade: NI	Coleta: 04/03/2020 15:00	Temp. Coleta: NI
Fabricante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO			
Remessa: NI	Recebimento: 04/03/2021 16:40	Etiqueta: NI	Temp. recebimento: 21,0°C
Condições da amostra: NORMAL - FRASCO			

Relatório de Ensaio Físico-Químico - 9.793.484-0

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽³⁾ VMP - 0,005 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽³⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ COBRE	0,022	mg/L	⁽³⁾ VMP - 2 mg/L	0,011	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,412	mg/L	⁽³⁾ VMP - 0,3 mg/L	0,003	05-03-2021	19-03-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	⁽³⁾ VMP - 1,5 mg/L	0,15	05-03-2021	11-03-2021
⁽²⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽³⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	2,290	mg/L	⁽³⁾ VMP - 5 mg/L	0,06	05-03-2021	19-03-2021

Abreviatura:

NA = Não aplicado | NI = Não informado | LQ = Limite de Quantificação | NE = Não Especificado | ND = Não Detectável | VMP = Valor Máximo Permitido

Metodologia(s):

- (1) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017. Method 3030 H - 3120
- (2) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017 - Method 4500-F D
- (3) PE FQ115

Informações adicionais:

(a) Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017

Todas as informações constam nos dados brutos das análises e estão a disposição do solicitante.
O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostra(s) analisada(s).
Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
Procedimento de amostragem: Plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

Comentário(s):

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo deste laboratório.

Crbio PR: 83724/07-D
Lilian Patricia Ramos

CRF PR: 716
Alvaro Largura PhD



Para validar a assinatura do seu laudo acesse conferirassinatura.a3q.com.br e digite o código OTc5MzQ4NH e a série w3NTgxRlEYMXww

Rua Uruguai, 533 - Alto Alegre - 85805-010 - Cascavel - PR
Fone: 45 3333 6000 - Fax: 45 3333 6049
CNPJ: 05.542.544/0001-70

Signatários: Dr. Alvaro Largura, PhD CRF: 716
Anderson Rosa CRBio: 106204/07-D
Bruna Camila Garcia CRBio: 108044/07-D

Leticia Nazari CRBio: 50702/07-D
Lilian Patricia de Ramos CRBio: 83724/07-D

ANEXO D - Laudo Laboratório A3Q Água percolada protótipo P2



www.a3q.com.br

Dados do Solicitante

Solicitante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO		CNPJ/CPF: 633.484.709-00	Validador do relatório
Endereço: RUA ACÁCIA N 688		CEP: 85420000	
Cidade: CORBÉLIA	Estado: PR	Responsável pela solicitação: SANDRA MAGDA*	
		Telefone: (45) 99127.5057	

Página 1 de 1 Emissão 19/03/2021

Dados da Amostra

Ordem Serviço: 9793722	Código da amostra: 7640FQ21		
Local da amostragem / Órgão expedidor: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO			
Descrição da amostra (Tipo): ÁGUA SAÍDA FILTRO - PROTÓTIPO		Lote: NI	Lacre: NI
Ponto de coleta: PROTÓTIPO -		Resp. coleta: SANDRA MATTEI CARDOSO	
Fabricação: NI	Validade: NI	Coleta: 05/03/2021 07:00	Temp. Coleta: NI
		Fabricante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO	
Remessa: NI	Recebimento: 05/03/2021 09:18	Etiqueta: NI	Temp. recebimento: 6,2°C
		Condições da amostra: NORMAL - FRASCO	

Relatório de Ensaio Físico-Químico - 9.793.722-0

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	^(a) VMP - 0,005 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	^(a) VMP - 0,01 mg/L	0,01	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ COBRE	0,026	mg/L	^(a) VMP - 2 mg/L	0,011	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,219	mg/L	^(a) VMP - 0,3 mg/L	0,003	05-03-2021	19-03-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	<0,15	mg/L	^(a) VMP - 1,5 mg/L	0,15	05-03-2021	11-03-2021
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	^(a) VMP - 0,001 mg/L	0,001	05-03-2021	19-03-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	^(a) VMP - 5 mg/L	0,06	05-03-2021	19-03-2021

Abreviatura:

NA = Não aplicado | NI = Não informado | LQ = Limite de Quantificação | NE = Não Especificado | ND = Não Detectável | VMP = Valor Máximo Permitido

Metodologia(s):

- (1) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017. Method 3030 H - 3120
- (2) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017 - Method 4500-F D
- (3) PE FQ115

Informações adicionais:

- (a) Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017

Todas as informações constam nos dados brutos das análises e estão a disposição do solicitante.

O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostra(s) analisada(s).

Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

Procedimento de amostragem: Plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

Comentário(s):

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo deste laboratório.

Crbio PR: 83724/07-D
Lilian Patricia Ramos

CRF: 716
Alvaro Largura PND



Para validar a assinatura do seu laudo acesse conferirrassinatura.a3q.com.br e digite o código OTc5MzcyMn e a série w3NjQwRlEyMXww

Rua Uruguai, 533 - Alto Alegre - 85865-010 - Cascavel - PR
Fone: 45 3333 6000 - Fax: 45 3333 6049
CNPJ: 05.842.544/0001-70

Signatários:
Dr. Alvaro Largura, PhD CRF: 716
Anderson Rosa CRBio: 105204/07-D
Bruna Camila Garcia CRBio: 108044/07-D

Leticia Nazari CRBio: 50702/07-D
Lilian Patricia de Ramos CRBio: 83724/07-D

ANEXO E - Laudo Laboratório A3Q Água superficial do Lago Municipal Paulo Gorski P3



Dados do Solicitante

Solicitante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO		CNPJ/CPF: 633.484.709-00	Validador do relatório
Endereço: RUA ACÁCIA N 688		CEP: 85420000	
Cidade: CORBÉLIA	Estado: PR	Responsável pela solicitação: SANDRA MAGDA*	
		Telefone: (45) 99127.5057	

Página 1 de 1 Emissão 18/05/2021

Dados da Amostra

Ordem Serviço: 9823979	Código da amostra: 16100FQ21		
Local da amostragem / Órgão expedidor: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO			
Descrição da amostra (Tipo): ÁGUA SUPERFICIAL		Lote: NI	Lacre: NI
Ponto de coleta: LAGO MUNICIPAL PAULO GORSKI CASCAVEL PR -		Resp. coleta: SANDRA MATTEI CARDOSO	
Fabricação: NI	Validade: NI	Coleta: 06/05/2021 14:40	Temp. Coleta: NI
Fabricante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO			
Remessa: NI	Recebimento: 06/05/2021 15:26	Etiqueta: NI	Temp. recebimento: 17,5°C
Condições da amostra: NORMAL - FRASCO			

Relatório de Ensaio Físico-Químico - 9.823.979-1

Errata:
Este relatório de ensaio substitui e invalida o de N°: 9823979-0

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽²⁾ Sem Valor De Referência	0,011	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	1,710	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	07-05-2021	15-05-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	0,71	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	07-05-2021	14-05-2021
⁽²⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	07-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	07-05-2021	15-05-2021

Abreviatura:

NA = Não aplicado | NI = Não informado | LQ = Limite de Quantificação | NE = Não Especificado | ND = Não Detectável | VMP = Valor Máximo Permitido

Metodologia(s):

- APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017. Method 3030 H - 3120
- APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017 - Method 4500-F D
- PE FQ115

Informações adicionais:

(a) Resolução nº 357, 17 de março de 2005 - Águas doces
Todas as informações constam nos dados brutos das análises e estão a disposição do solicitante.
O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostra(s) analisada(s).
Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
Procedimento de amostragem: Plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

Comentário(s):

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo deste laboratório.

Crbio PR: 83724/07-D
Lilian Patricia Ramos

CRF PR: 716
Alvaro Largura PhD



Para validar a assinatura do seu laudo acesse conferirassinatura.a3q.com.br e digite o código OTgYMzk3OX e a série wxNJEwMEZRMJF8MQ==

Rua Uruguai, 533 - Alto Alegre - 85805-010 - Cascavel - PR
Fone: 45 3333 6000 - Fax: 45 3333 6049
CNPJ: 05.542.544/0001-70

Signatários: Dr. Alvaro Largura, PhD CRF: 716
Anderson Rosa CRBio: 108204/07-D
Bruna Camila Garcia CRBio: 108044/07-D

Leticia Nazari CRBio: 50702/07-D
Lilian Patricia de Ramos CRBio: 83724/07-D

ANEXO F - Laudo Laboratório A3Q Água percolada protótipo P3



www.a3q.com.br

Dados do Solicitante

Solicitante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO		CNPJ/CPF: 633.484.709-00	Validador do relatório
Endereço: RUA ACÁCIA N 688		CEP: 85420000	
Cidade: CORBÉLIA	Estado: PR	Responsável pela solicitação: SANDRA MAGDA*	
		Telefone: (45) 99127.5057	

Página 1 de 1 Emissão 18/05/2021

Dados da Amostra

Ordem Serviço: 9823615	Código da amostra: 16075FQ21		
Local da amostragem / Órgão expedidor: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO			
Descrição da amostra (Tipo): ÁGUA SAÍDA FILTRO/PROTÓTIPO		Lote: NI	Lacre: NI
Ponto de coleta: PROTÓTIPO -		Resp. coleta: SANDRA MATTEI CARDOSO	
Fabricação: NI	Validade: NI	Coleta: 06/05/2021 17:30	Temp. Coleta: NI
		Fabricante: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO	
Remessa: NI	Recebimento: 06/05/2021 19:00	Etiqueta: NI	Temp. recebimento: 17,5°C
Condições da amostra: NORMAL - FRASCO			

Relatório de Ensaio Físico-Químico - 9.823.615-1

Errata:

Este relatório de ensaio substitui e invalida o de N°: 9823615-0

Ensaio	Resultado	Unidade	Referência	LQ	Início	Fim
⁽¹⁾ CÁDMIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽¹⁾ VMP - 0,001 mg/L	0,001	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ CHUMBO TOTAL	<0,01	mg/L	⁽²⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,01	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ COBRE	<0,011	mg/L	⁽³⁾ Sem Valor De Referência	0,011	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ FERRO TOTAL	0,204	mg/L	⁽²⁾ VMP - 15,0 mg/L	0,003	06-05-2021	15-05-2021
⁽²⁾ FLUORETO TOTAL	0,42	mg/L	⁽²⁾ VMP - 1,4 mg/L	0,15	06-05-2021	14-05-2021
⁽³⁾ MERCÚRIO TOTAL	<0,001	mg/L	⁽³⁾ VMP - 0,01 mg/L	0,001	06-05-2021	15-05-2021
⁽¹⁾ ZINCO TOTAL	<0,06	mg/L	⁽³⁾ VMP - 0,18 mg/L	0,06	06-05-2021	15-05-2021

Abreviatura:

NA = Não aplicado | NI = Não informado | LQ = Limite de Quantificação | NE = Não Especificado | ND = Não Detectável | VMP = Valor Máximo Permitido

Metodologia(s):

- (1) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017. Method 3030 H - 3120
- (2) APHA, AWWA, WEF - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017 - Method 4500-F D
- (3) PE FQ115

Informações adicionais:

- (a) Resolução nº 357, 17 de março de 2005 - Águas doces

Todas as informações constam nos dados brutos das análises e estão à disposição do solicitante.

O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) tem significado restrito e se aplica(m) somente a(s) amostra(s) analisada(s).

Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

Procedimento de amostragem: Plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

Comentário(s):

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo deste laboratório.

Lilian Patricia Ramos
 Crtbio PR: 83724/07-D
 Lilian Patricia Ramos

Alvaro Largura PND
 CRF PR: 716
 Alvaro Largura PND



Para validar a assinatura do seu laudo acesse conferirrassinatura.a3q.com.br e digite o código OTgyMzYxIX e a série wxNjA3NUZRMjF8MQ==

Rua Uruguai, 533 - Alto Alegre - 85865-010 - Cascavel - PR
 Fone: 45 3333 6000 - Fax: 45 3333 6049
 CNPJ: 05.842.544/0001-70

Signatários:

Dr. Alvaro Largura, PhD CRF: 716
 Anderson Rosa Crtbio: 105234/07-D
 Bruna Camila Garcia Crtbio: 108044/07-D

Leticia Nazari Crtbio: 50702/07-D
 Lilian Patricia de Ramos Crtbio: 83724/07-D

ANEXO G - Pedido autorização Secretaria Meio Ambiente Prefeitura Municipal Cascavel – Pr

Secretária Municipal de Meio Ambiente de Cascavel-Pr
A/C Senhor Secretário Wagner Seiti Yonegura.

Prezado;

Eu, Sandra Magda Mattei Cardoso, Arquiteta e Urbanista, mestranda do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Toledo, juntamente com meu orientador Professor Drº Décio Lopes Cardoso, venho por meio deste solicitar a coleta de água superficial do Lago Municipal Paulo Gorski Cascavel-Pr.

O título da dissertação é "AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE BIORRETENÇÃO ATRAVÉS DA FITORREMEDIAÇÃO PARA JARDINS DE CHUVA EM ÁREAS URBANAS", objetivo da pesquisa é comprovar a possibilidade de retenção e filtragem da água pelo método da fitorremediação com *alocasia macrorrhiza*, planta qual tem características de absorver metais pesados advindos do solo e água. A pesquisa também aborda Jardins de chuva, sistemas que podem compor a paisagem natural da região. Em geral, localizam-se em baixios ou depressões, para onde converge o escoamento gerado na bacia. Reproduzem o ecossistema natural onde a atividade biológica atua promovendo a filtragem da água. Neles, o deflúvio, resultado das chuvas intensas, gera o empoçamento da superfície e a infiltração da água no solo. Os poluentes são removidos da água mediante adsorção, filtração e decomposição da matéria orgânica. As plantas são componentes fundamentais nesse sistema, responsáveis pela retirada da água e dos poluentes; têm ainda a vantagem de integrar a paisagem natural, sendo recomendáveis em áreas com alto índice de impermeabilização.

Método utilizado:

1ª Etapa: em laboratório será feita análise de metais pesados existentes na água superficial do lago.

2ª Etapa: água do lago passa por um protótipo/filtro com a planta específica, após a filtragem a água é recolhida e analisada pelo mesmo laboratório, para comprovar ou não o objetivo/hipótese da pesquisa.

A Coleta será feita em três (03) meses específicos, Dezembro 2020, Fevereiro/Março 2021 e Abril/Maio 2021.

Desde já agradecemos, colocando-nos a disposição para maiores esclarecimentos.

Atenciosamente,


Sandra Magda Mattei Cardoso
Mestranda


Décio Lopes Cardoso
Profº. Drº. Orientador

Cascavel, 09 de Dezembro de 2020.

ANEXO H - Resposta autorização Secretaria Meio Ambiente Prefeitura Municipal Cascavel – Pr



GOVERNO MUNICIPAL

Secretaria de Meio Ambiente

DESPACHO ADMINISTRATIVO

Requerente: SANDRA MAGDA MATTEI CARDOSO

Assunto: AUTORIZAÇÃO

A SEMA - Secretaria de Meio Ambiente em nada tem a obstar quanto ao solicitado no protocolo de 09.12.2020 onde requer autorização para realizar estudos no LAGO MUNICIPAL - Paulo Gorski, porém condicionado as seguintes questões:

- Cuidados com a geração de resíduos;
- Cuidados com a emissão de som/ruídos;
- Manter a ordem pública;
- Respeite os usuários do local;

Sem mais, a SEMA deseja o compartilhamento dos estudos/pesquisa quando concluído.

Cascavel, 10 de dezembro de 2020.

Atte;

Wagner Yonegura
Secretario de Meio Ambiente

Jair Soares
Fiscal - SEMA