



ISABELLA EUNICE SOARES CÁSPAR

O PAISAGISMO EM *WETLANDS* CONSTRUÍDOS

**TRÊS CORAÇÕES – MG
2020**

ISABELLA EUNICE SOARES CÁSPAR

O PAISAGISMO EM *WETLANDS* CONSTRUÍDOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Vale do Rio Verde (UninCor) como parte das exigências do programa de Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos para obtenção de título de mestre.
Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientadoras: Profa. Dra. Elisa Dias de Melo
Profa. Dra. Graziella Patrício

TRÊS CORAÇÕES - MG
2020

556.5
C342p

CÁSPAR, Isabella Eunice Soares

O Paisagismo em Wetlands Construídos – Três Corações :
Universidade Vale do Rio Verde, 2020.

92 fls. il.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elisa Dias de Melo

Coorientadora : Prof^ª EGraziella Patrício

Dissertação – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações/
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos.

1. Macrófitas. 2. Plantas Ornamentais. 3. Sistema Paisagístico. 4.
Alagados Construídos. 5. Tratamento de Afluentes I. Prof^ª. Dr^ª.
Elisa Dias de Melo, Orientadora. II. Universidade Vale do Rio
Verde de Três Corações. III. Título.

Catálogo na fonte

Bibliotecária responsável: ERNESTINA MARIA PEREIRA CAMPOS DANTAS CRB6: 2.101

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE Mestrado APRESENTADA POR ISABELLA EUNICE SOARES CÁSPAR, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE NO PROGRAMA DE Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Recursos Hídricos.

Aos trinta e um dias do mês de agosto de dois mil e vinte, reuniu-se, remotamente, a Comissão Julgadora, constituída pelos professores doutores: Profa. Dra. Elisa Dias de Melo (UninCor), Prof. Dr. João Carlos Nordi (UNITAU) e Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques (UninCor), para examinar a candidata Isabella Eunice Soares Cáspar na defesa de seu trabalho de conclusão de curso intitulado "O PAISAGISMO EM WETLANDS CONTRUIDOS". A Presidente da Comissão, orientadora da pesquisa Profa. Dra. Elisa Dias de Melo, iniciou os trabalhos às 10h, solicitando à candidata que apresentasse, resumidamente, os principais pontos do seu trabalho. Concluída a exposição, os examinadores arguiram alternadamente a candidata sobre diversos aspectos da pesquisa e do trabalho de conclusão de curso. Após a arguição, que terminou às 12h30, a Comissão reuniu-se para avaliar o desempenho da candidata, tendo chegado ao seguinte resultado: Profa. Dra. Elisa Dias de Melo (APROVADA), Prof. Dr. João Carlos Nordi (APROVADA) e Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques (APROVADA). Em vista deste resultado, a candidata Isabella Eunice Soares Cáspar foi considerada APROVADA, fazendo jus ao título de Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Recursos Hídricos.

Três Corações, 31 de agosto de 2020.



Profa. Dra. Elisa Dias de Melo (UninCor)



Prof. Dr. João Carlos Nordi (UNITAU)



Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques (UninCor)

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido Sanderson, pelo incentivo para vencer mais esta etapa, além do apoio e ajuda nos momentos mais difíceis.

Ao meu pai Wellerson pelas palavras carinhosas de incentivo.

À minha orientadora, Dra. Elisa Dias de Melo, pelos ensinamentos passados, pela amizade, pela compreensão e pela brilhante orientação.

À Universidade Vale do Rio Verde (UninCor) e a todos colegas professores.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu êxito profissional.

“Um jardim é um complexo de estética e intenções plásticas; e a planta é, para um paisagista, não só uma planta – rara, incomum, normal ou quase em extinção – mas é também uma cor, uma forma, um volume ou um arabesco em si mesma.” BURLE MARX

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Eficiência de remoção das macrófitas, indicadas em trabalhos científicos.....	58
Tabela 2 - Resultados de eficiência de remoção em WCs obtidos por Kletecke, 2011	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características de dimensionamento de um WCH.....	32
Quadro 2 - Características dos elementos constituintes de um WCH.....	32
Quadro 3 - Espécies mais utilizadas em WC.....	38
Quadro 4 - Dimensionamento do WC em Agrônômica, SC- EPAGRI.....	52
Quadro 5 - Coeficiente de permeabilidade do material filtrante do WC em Agrônômica, SC- EPAGRI.....	54
Quadro 6 – Disposição e função das macrófitas no projeto paisagístico proposto	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema dos tipos de fluxos existentes em WC.....	26
Figura 2 - Desenho esquemático de um sistema WCV de fluxo descendente	28
Figura 3 - Desenho esquemático de um sistema WCV de fluxo ascendente	28
Figura 4 - Desenho esquemático de WC de fluxo Subsuperficial Horizontal.....	29
Figura 5 - Exemplo dos tipos de classificação das macrófitas	37
Figura 6 - <i>Typha latifolia</i> L.	41
Figura 7 - <i>Cyperus giganteus</i> Vahl	41
Figura 8 - <i>Canna indica</i> L.....	42
Figura 9 - <i>Canna glauca</i> L.....	42
Figura 10 - <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.....	43
Figura 11 - Jardim projetado por Burle Marx na Pampulha, em Belo Horizonte	45
Figura 12 - Jardim Botânico projetado por Burle Marx no Bronx, em Nova York	45
Figura 13 - <i>Parc du Chemin de l'Île</i> na França	47
Figura 14 - WC de fluxo horizontal sem lâmina aparente da empresa VALE, Nova Lima, MG	48
Figura 15 - Mapa de localização da área de estudo- Agronômica, SC.....	50
Figura 16 - Tanque séptico de concreto enterrado localizado a montante do WCH em Agronômica, SC- EPAGRI	52
Figura 17 - Corte longitudinal com o dimensionamento e composições do WC em Agronômica, SC- EPAGRI	53
Figura 18 - Imagem do controlador de nível e do WC de Agronômica- SC, no ano de 2014 ..	54
Figura 19 - Estado atual do WC em Agronômica, SC- EPAGRI.....	55
Figura 20 - Escoamento superficial no sistema e colmatção do WC em Agronômica, SC- EPAGRI.....	55
Figura 21 - Entrada do afluente no sistema WC em Agronômica, SC- EPAGRI.....	56
Figura 22 - Corte transversal do WC de Tilak <i>et al.</i> , 2016	60
Figura 23 - WC feitos em escala piloto por Tilak <i>et al.</i> , 2016.....	61
Figura 24 - Esquema de disposição dos WCFH de Kletecke, 2011	64
Figura 25 - Paleta de cores quentes usado no projeto paisagístico para composição de cores ..	67
Figura 26 - Disposição de plantio das mudas no projeto paisagístico proposto.....	67
Figura 27 - Projeto paisagístico proposto	68

Figura 28 - Desenho técnico canteiro <i>Canna indica</i> L. na cor laranja e <i>Typha latifolia</i> L.	68
Figura 29 - Desenho técnico canteiro <i>Canna indica</i> L. nas cores branca e vermelha.....	69
Figura 30 - Desenho técnico canteiro <i>Canna glauca</i> L. e <i>Cyperus giganteus</i> Vahl.....	69
Figura 31 - Desenho técnico canteiro <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.....	70
Figura 32 - Transição da modelagem 2D Autocad® para 3D no Sketch Up®, vista da concepção da passarela.....	71
Figura 33 - Transição da modelagem 2D do Autocad® para 3D no Sketch Up®, vista da passarela no projeto	71
Figura 34 - Vista aérea do WC no projeto paisagístico proposto.....	73
Figura 35 - Perspectiva geral do WC no projeto paisagístico proposto	74
Figura 36 - Perspectiva lateral do WC no projeto paisagístico proposto	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
Capex	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETEZR	Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GESAD	Grupo de Estudos em Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade da Água
IWA	<i>International Water Association</i>
N	Nitrogênio
N-NH ₄ ⁺	Nitrogênio Amoniacal
N-NO ₂	Nitrogênio Nitrito
N-NO ₃	Nitrogênio Nitrato
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
NT	Nitrogênio Total
O ₂	Oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
P-PO ₄ ³⁻	Fósforo Ortofosfato
PT	Fósforo Total

RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
SAC	Sistemas Alagados Construídos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SS	Sólidos em Suspensão
ST	Sólidos Totais
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor</i>
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UninCor	Universidade Vale do Rio Verde
WC	<i>Wetlands</i> Construídos
WCFS	<i>Wetlands</i> Construídos de Fluxo Superficial
WCH	<i>Wetlands</i> Construídos de Fluxo Horizontal
WHO	<i>World Health Organization</i>

RESUMO

Ainda no século XXI, o saneamento básico, em especial os sistemas de tratamento de efluentes líquidos, apresenta uma série de deficiências, impactando diretamente nos ecossistemas aquáticos e nos serviços de saúde e o bem-estar de milhões de pessoas. Além de problemas relacionados aos custos de implantação, operação e manutenção dos diferentes sistemas de tratamento, há ainda a questão estética e o odor gerado nas áreas adjacentes aos mesmos. Os *Wetlands* Construídos (WC) surgem nesse cenário, baseando-se na dinâmica de *wetlands* naturais, promovendo, por meio de processos físico-químicos e biológicos, a redução da concentração de poluentes, tendo as macrófitas como principal agente no tratamento de efluentes. Assim, aproveitando essas habilidades do sistema, o efeito paisagístico se faz um elemento de suma importância para diminuição de preconceito e rejeição à instalação de sistemas de tratamento por parte da população. No Brasil, porém, observa-se uma lacuna nos estudos relacionando espécies de macrófitas, com potencial paisagístico, nos WC. A minimização desta lacuna é muito importante para que a aplicação desse sistema de tratamento seja mais difundida, considerando a eficiência de remoção de poluentes, assim como a harmonia paisagística. Portanto, foi realizada revisão bibliográfica em diferentes bases disponíveis no portal eletrônico de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), dentre outras fontes de pesquisa, como livros e consultas junto a páginas eletrônicas de relevância ao tema. Após a análise das informações levantadas, foram selecionadas as espécies de macrófitas *Typha latifolia*, *Cyperus giganteus*, *Canna indica*, *Canna glauca* e *Cymbopogon citratus*, para aplicação em projeto paisagístico para um WC de fluxo horizontal existente no município de Agronômica, localizado em Santa Catarina. Os parâmetros de projetos e operacionais do referido sistema também foram revisados, assim como a avaliação das suas condições atuais, em visita *in loco*. Para a elaboração da maquete virtual 3D do projeto paisagístico, produto do presente estudo, foram empregados *softwares* específicos para a criação em formato 2D, seguida de ambientação em 3D e renderização fotorealística. Observa-se que os WC's são sistemas de baixo requisito energético e de simples construção, operação e manutenção, possuindo assim custo acessível. A maquete virtual 3D gerada permite fácil compreensão e ampla divulgação do projeto paisagístico proposto para um sistema de WC específico, mas que poderá ser empregado como modelo para outros sistemas, atendendo às especificidades locais, como clima e características dos efluentes a serem tratados. Pode-se concluir que a associação de

um projeto paisagístico em um sistema de tratamento de efluentes se evidencia como uma relevante contribuição ao saneamento ambiental e aceitação pela população.

Palavras-chave: Macrófitas. Plantas Ornamentais. Projeto Paisagístico. Sistemas Alagados Construídos. Tratamento de Efluentes.

ABSTRACT

*In the twenty-first century, basic sanitation, considering specially wastewater treatment systems is still out of reach, directly impacting the aquatic ecosystems and also the health system, therefore the well-being of millions. Beside wastewater treatment system's problems related to building, operation and maintenance costs, there are still problems related to its appearance and bad smells it may cause in the neighborhood. The man-made wetlands come up in this scenario. Based on the natural wetlands, it provides, through physical-chemical and biological processes, pollutants reduction with macrophytes as the main agent on the wastewater treatment. Therefore, considering these type of plants ability, the landscape design effect becomes important in the population's wastewater system acceptance. However, in Brazil, there is a gap on the studies related to the macrophyte's function on the man-made wetlands. To acknowledge and understand this gap is particularly important to widespread this wastewater treatment system considering its ability to remove pollutants and create harmonic landscape. Therefore, it was made a literature review in different research sources as books and articles. Considering the review, were selected the following macrophytes species: *Typha latifolia* , *Cyperus giganteus*, *Canna indica*, *Canna glauca* and *Cymbopogon citratus* to be applied in a landscape design project of a man-made wetland with horizontal flow previously existent in the city of Agronômica – Santa Catarina State. The project and operational parameters were reviewed, and the evaluation of its recent situation were confirmed with a field trip. For the 3D virtual model of the landscape design, product of the present study, specific software was used for the 2D format creation, followed by 3D ambience and photorealistic rendering. It is observed that built wetland is simple to be implanted, operated and of easy maintenance, being considered as a viable system. The generated 3D virtual model allows easy understanding and wide dissemination of the proposed landscape design for a specific WC system, but which can be used as a model for other systems, considering local specificities, such as climate and wastewaters characteristics. It was concluded that the association of a landscape design project to an wastewater treatment system is a relevant contribution to the environmental sanitation and the community acceptance.*

Keywords: *Built wetlands. Landscape design. Macrophytes. Ornamental plants. Wastewater treatment.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Esgoto Sanitário	21
2.2 Tratamento de Efluentes	24
2.3 <i>Wetlands</i>	25
2.4 <i>Wetlands</i> Construídos (WC)	25
2.4.1 <i>Wetlands</i> Construídos de Fluxo Superficial (WCFS)	27
2.4.2 <i>Wetlands</i> Construídos de Fluxo Vertical (WCV)	27
2.4.3 <i>Wetlands</i> Construído de Fluxo Subsuperficial Horizontal (WCFH)	28
2.4.4 Sistemas Combinados ou Híbridos	29
2.5 Usos e Possibilidades de Aplicação dos WC	29
2.5.1 Dimensionamento de um WCFH.....	30
2.5.2 Parâmetros da Qualidade da Água em WC.....	33
2.5.3 Oscilações Climáticas e a Eficiência em WC	35
2.6 Macrófitas	36
2.6.1 Sistema Solo/Planta e o Biofilme.....	38
2.6.2 <i>Typha latifolia</i> L.....	40
2.6.3 <i>Cyperus giganteus</i> Vahl	40
2.6.4 <i>Canna x generalis</i> L.H. Bailey.....	41
2.6.5 <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.....	43
2.7 O Paisagismo.....	44
2.7.1 A Influência das Cores no Paisagismo.....	45
2.7.2 O Paisagismo em WC	46
3 MATERIAL E MÉTODOS	49
3.1 Área de Estudo	49

3.2	<i>Wetland</i> de Agronômica/SC.....	51
3.3	Etapas de Elaboração do Projeto Paisagístico.....	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	Macrófitas em WC	57
4.2	Elaboração do Projeto Paisagístico	66
4.3	O Produto	71
5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico pode ser descrito como o conjunto de serviços e infraestrutura, bem como instalações, relacionados com o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana/manejo de resíduos sólidos e a drenagem e/ou manejo das águas pluviais (BRASIL, 2007).

Em nível global, o saneamento básico apresenta uma série de deficiências e impacta diretamente os serviços de saúde e o bem-estar de milhões de pessoas. No que tange o esgotamento sanitário, conforme os dados apresentados pela Organização Mundial da Saúde (OMS ou, do inglês WHO – *World Health Organization*), em 2015 cerca de 4,5 bilhões de pessoas não possuíam banheiro em suas residências e não tinham acesso aos serviços de coleta e tratamento de suas excretas e 2,3 bilhões de pessoas não tinham acesso a nenhum serviço de saneamento básico (WHO, 2017). A preocupação quanto à falta de tratamento dos esgotos sanitários associa-se aos impactos ambientais decorrentes do lançamento de elevada carga orgânica, altas concentrações de íons e de materiais sólidos, além da possibilidade de presença de elementos tóxicos (MARÇAL; SILVA, 2017; BERTOLINO *et al.*, 2008).

Dentre os impactos ambientais decorrentes do lançamento de esgotos sanitários não tratados nos corpos hídricos estão a redução dos níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) da água, contaminação microbiológica dos corpos receptores, aumento do aporte de nutrientes (fósforo, nitrogênio), favorecendo a ocorrência de eutrofização e, conseqüente, redução da qualidade da água, além da perda da biodiversidade aquática (SILVA *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2018).

Para realizar o tratamento de esgotos sanitários é preciso relacionar e combinar os níveis de sistemas de tratamento para atingir o grau de remoção esperado, sendo considerados os tratamentos preliminar, primário, secundário e terciário, que englobam mecanismos físicos, químicos e/ou biológicos. Dentre as inúmeras tecnologias de tratamento biológico, pode-se citar os lodos ativados, lagoas de estabilização, filtros biológicos, fossa séptica, reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA ou, do inglês, UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*) e os *wetlands* construídos (METCALF; EDDY 2016; WU *et al.*, 2015). Dentre os tratamentos supracitados, destaca-se aqui o sistema de tratamento de alagados construídos, também conhecido como *Wetlands* Construídos (WC).

Wetland natural é um ecossistema alagado caracterizado por uma alta complexidade e grande dinamismo, sendo marcado por uma interação entre o meio terrestre e aquático que

ocorre durante o período de inundação (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2016). Costa *et al.* (2018) destacam que os WC são sistemas baseados na dinâmica de *wetlands* naturais, promovendo, por meio de processos físico-químicos e biológicos, a redução da concentração de nutrientes, de materiais particulados e de matéria orgânica presente no efluente.

Os WC já são utilizados em países desenvolvidos como alternativa tecnológica para o tratamento de esgotos e é indicado para países em desenvolvimento, tal como o Brasil, uma vez que esses sistemas apresentam baixo requisito energético e são de simples construção, operação e manutenção (SEZERINO *et al.*, 2015; SEZERINO, 2006). O uso da tecnologia dos WC no Brasil também é favorável devido ao clima tropical do país, que contribui para um melhor desenvolvimento e desempenho das macrófitas e dos microrganismos que atuam no sistema para remoção de poluentes (SILVA, 2007).

Segundo Brix (1997), o emprego de plantas aquáticas ou macrófitas aquáticas (submersas, emergentes e flutuantes) nos *wetlands* favorece as condições ligadas ao processo físico de filtração, aeração da rizosfera, além de permitir nas raízes a formação de biofilme constituído por microrganismos, que contribuem com a ciclagem de nutrientes. Para o aumento da capacidade de remoção de compostos dos efluentes tratados em WC, Chyan *et al.* (2015) reforçam a importância da avaliação criteriosa das espécies de macrófitas aquáticas a serem empregadas.

De acordo com os autores Jordão e Pessôa (2005) os esgotos possuem um odor peculiar, que é determinado pelos gases constituídos no regime de deterioração. Os esgotos recentes podem apresentar odor de mofo, de forma tolerável. Já os esgotos sépticos se difundem pelo odor intenso de ovo em decomposição, causado pelo gás sulfídrico, oriundo da deterioração anaeróbia da matéria orgânica existente nos despejos.

Apesar da inegável importância das estações de tratamento de esgotos sanitários para manutenção da saúde ambiental e, conseqüentemente, da saúde humana, é constatada uma grande rejeição por parte da população, tanto devido ao odor quanto à estética do local (GIULIANO; GIULIANO, 2004; MEJIA, 2014). Um adequado pré-tratamento dos afluentes ao sistema de WC, faz com que o odor seja minimizado e também a implantação de paisagismo em WC pode ser um fator determinante para amenizar essa rejeição (SALATI, FILHO, 1996).

Além de contribuir para a geração de serviços ecossistêmicos (manutenção do microclima, provisão de habitat para a biodiversidade e de biomassa), as plantas ornamentais surgem como uma alternativa para aceitação por parte da sociedade em relação

ao tratamento de efluentes e remoção de poluentes, além de agregar valor estético ao sistema (CALHEIROS *et al.*, 2015; JYOTHI, SURESHKUMAR, 2016).

Ao se incorporar as questões paisagísticas em WC são ainda trabalhados serviços ecossistêmicos culturais, contribuindo para o bem-estar da sociedade. Portanto, o presente estudo teve como objetivo principal contribuir para preencher parte da lacuna existente quanto ao conhecimento sobre o uso de plantas ornamentais passíveis de serem empregadas em WC, considerando a eficiência necessária para o tratamento de efluentes. Como objetivos específicos, têm-se a identificação de parâmetros de projetos e operacionais, sendo proposto um projeto paisagístico para um WC de fluxo horizontal existente no município de Agronômica, localizado em Santa Catarina, como exemplo possível de ser replicado em diferentes localidades, considerando especificidades locais, especialmente em relação ao clima, as características do efluente e o objetivo do tratamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Esgoto Sanitário

De acordo com a NBR 9648 (ABNT, 1986) o esgoto sanitário é constituído por esgotos doméstico, industrial, água de infiltração e ainda contribuição de origem pluvial parasitária.

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SNIS), tendo como base o ano de 2018, apontaram uma pequena melhora em alguns serviços de saneamento básico no Brasil, quando comparado com os dados do ano de 2017. Contudo, dos 4,3 bilhões de metros cúbicos de esgoto gerados no Brasil em 2018, somente 74,5% foram coletados e, desse total, somente 46,3% foram tratados ou receberam algum tipo de tratamento (BRASIL, 2018).

A situação reportada se traduz no lançamento de esgotos sanitários *in natura* nos corpos hídricos, resultando na perda de qualidade da água, comprometimento do ecossistema aquático e restrição do uso de corpos hídricos como manancial de abastecimento (BORGES *et al.*, 2003; PONTES *et al.*, 2012).

Dentre as alterações provocadas na qualidade dos corpos hídricos, advindas do lançamento de esgoto sem tratamento em ambientes aquáticos, destacam-se o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), redução da concentração de OD; aumento da concentração de nutrientes como fósforo total e nitrogênio e contaminação microbiológica devido a presença de microrganismos presentes nos esgotos (FERREIRA *et al.*, 2018).

Essas alterações podem ser constatadas em diversos estudos acadêmicos, assim como pelo monitoramento da qualidade das águas realizado pelos órgãos ambientais competentes, podendo-se citar, por exemplo, os relatórios técnicos do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), no estado de Minas Gerais (IGAM, 2018).

Dessa forma, tratar o esgoto adequadamente é uma atitude preventiva crucial para a proteção dos mananciais. A Resolução CONAMA n° 357/05, alterada pela Resolução CONAMA n° 430/11 estabelece diretrizes, condições e padrões para o lançamento de efluentes para todo o território nacional (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011), sendo incluídos diferentes parâmetros físicos, químicos, biológicos e ecotoxicológicos.

A realização de intervenções, como as estações de tratamento de efluentes, são importantes para a recuperação e, ou melhoria da qualidade da água dos corpos hídricos

receptores. Sendo assim tem-se como propósito fundamental do tratamento de efluentes a redução ou mitigação das suas propriedades indesejáveis, para que os lançamentos estejam de acordo com ditames da legislação ambiental.

Na sequência, estão destacados dois tipos de efluentes: o esgoto doméstico e águas residuárias industriais.

Esgoto doméstico:

O Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2019) aponta o abastecimento humano como responsável pelo segundo maior uso da água no contexto nacional, o que se correlaciona com o volume de esgotos domésticos gerados e agravos da poluição hídrica, quando ocorre o seu lançamento sem tratamento.

Em um ambiente domiciliar podem ser gerados diferentes tipos de esgoto, sendo normalmente classificados como águas cinzas e águas negras ou fecais. As águas cinzas se originam da lavagem de roupas, água para banho e limpeza em geral, variando seu volume e composição de acordo com os diferentes usos da água. Já as águas negras são aquelas provenientes dos vasos sanitários (FIGUEIREDO *et al.*, 2019).

De acordo com Von Sperling (2005) a composição média do esgoto doméstico se traduz em 99,9% de água e 0,1% de sólidos, sendo a parte sólida mesclada entre 30% de matéria inorgânica e 70% de matéria orgânica. A matéria inorgânica é composta por areia, sais e metais. Já a matéria orgânica é composta primordialmente por carboidratos, gorduras e proteínas, que são sólidos existentes nos esgotos. Essa parte sólida se apresenta das seguintes formas: sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e em microrganismos (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Considerando a composição média dos esgotos domésticos e os impactos de seu lançamento sem adequado tratamento, se destacam alguns parâmetros para monitoramento: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nutrientes e indicadores de contaminação fecal (VON SPERLING, 2005).

Diferentes estudos que abordam a caracterização de esgotos domésticos são contemplados na literatura científica, apontando inclusive diferenças regionais e culturais. Marçal e Silva (2017), por exemplo, estudaram o impacto do efluente da Estação de Tratamento de Efluente - ETE de Pirajá, na cidade de Teresina, sendo coletadas amostras na entrada do sistema, na saída da lagoa facultativa aerada e no efluente final. Dentre os

parâmetros avaliados, se destacam a DBO, OD, Sólidos Totais (ST) e Nitrato. Em termos de DBO para o efluente bruto, os resultados indicaram uma média de 165,71 mg/L, concentração abaixo da média típica de esgotos domésticos de 300mg/L, e com resultados ainda inferiores registrados nos meses mais chuvosos.

No que se refere à composição dos esgotos domésticos, há ainda a indicação de contaminação por compostos de preocupação emergente (COLAÇO *et al.* 2014; MONTAGNER *et al.*, 2017; FLORIPES *et al.*, 2018), que devem ser considerados para adequado tratamento e proteção dos recursos hídricos.

Águas Residuárias Industriais:

O consumo da água nas indústrias acontece para diferentes atividades, como: limpeza de equipamentos e tubulações, incorporação nos produtos e resfriamento. As particularidades dos efluentes industriais se devem aos mais diversos processos produtivos, com variadas matérias primas e insumos, além das diferentes demandas quantitativas. Esses efluentes muitas vezes são tratados no interior das próprias indústrias, com pré-tratamentos especiais ou em conjunto com os demais efluentes líquidos gerados na área industrial, como as águas negras (VON SPERLING, 2005).

Mesmo dentro de uma mesma tipologia industrial, podem ser observadas diferenças nas composições dos efluentes gerados, de acordo com o produto e particularidades de cada linha de produção. O parque industrial brasileiro, desde a segunda metade do século XX, vem se tornando cada vez mais desenvolvido, tendo como os setores mais relevantes os de Alimentos e Bebidas, Derivados de petróleo e biocombustíveis, Químicos, Veículos automotores e Metalurgia (ANA, 2017).

No setor de Alimentos e Bebidas, destaca-se aqui a indústria de laticínios. De acordo com Silva, Siqueira e Nogueira (2018), o Brasil ocupa posição de destaque mundial no que se refere à produção de leite. Porém, a fabricação de produtos de laticínios possui grande potencial poluidor dos recursos hídricos (MINAS GERAIS, 2017), tendo o soro papel primordial, visto ser cem vezes mais poluente do que o esgoto doméstico, considerando sua elevada carga orgânica (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Os elementos essenciais presentes na composição das águas provenientes dos sistemas industriais de laticínios são sobretudo, gorduras, proteínas, carboidratos, óleos, e substâncias usadas na higienização da indústria e tubulações (POKRYWIECKI *et al.*, 2013).

Mendonça (2011), considerando o potencial poluidor de uma indústria de laticínios, exemplifica o beneficiamento de 10.000 L de leite por dia, que gera um volume de 30.000 L de efluente com DBO de 2.000 mg/L, o que é equivalente ao efluente gerado por um núcleo populacional com 1.000 pessoas, considerando que cada habitante contribua com 60 g de DBO/dia, restando incontestável a necessidade do tratamento destes efluentes previamente ao seu lançamento em cursos d'água.

2.2 Tratamento de Efluentes

De acordo com Von Sperling (2005) o tratamento de efluentes classifica-se em diferentes níveis, como detalhado a seguir:

Tratamento Preliminar: é atribuído para a remoção dos sólidos grosseiros e areia, por meio de mecanismos físicos. São empregadas estruturas de gradeamento e caixa de areia.

Tratamento Primário: nessa etapa são removidos sólidos sedimentáveis, assim como parte da matéria orgânica, por encontrar-se associada aos sólidos sedimentados. São predominantes os mecanismos físicos como a sedimentação dos sólidos, mas ainda considerados mecanismos bioquímicos como os tanques sépticos com o processo anaeróbio. A escolha do tratamento primário adequado depende do tipo de efluente a ser tratado.

Tratamento Secundário: ocorre a redução de matéria orgânica e em alguns casos, de nutriente (P e N). São usados mecanismos biológicos de tratamento.

Tratamento Terciário: essa etapa do tratamento tem como objetivo complementar o tratamento secundário seja com a remoção de nutrientes (P e N), ou para a remoção da matéria orgânica remanescente e micro-organismos patogênicos, porém irá depender do objetivo do tipo do tratamento.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), em relação ao tipo de tratamento usado nas regiões do Brasil e volume de esgoto tratado, o tratamento secundário é mais adotado no sudeste e sul do país. Na região norte do país observa-se condições preocupantes, com baixos volumes de esgoto tratado por dia.

Observa-se que os tratamentos biológicos de esgotos comumente utilizados são realizados objetivando, sobretudo, a remoção de matéria orgânica. Frequentemente, são lançados efluentes com concentrações de nutrientes quase iguais as existentes no esgoto bruto (PROSAB, 2009).

Os WC são amplamente usados com vários intuitos, seja para o tratamento terciário promovendo a remoção de nutrientes (P, N) que são inclusos na biomassa da macrófitas, ou para um tratamento combinado de nível secundário e terciário, atuando tanto na remoção dos nutrientes quanto na redução da concentração de matéria orgânica (SALATI, 2000).

2.3 *Wetlands*

A Convenção Ramsar (2016) considera como áreas úmidas naturais ou *wetlands* naturais, lagos, rios, águas subterrâneas, áreas pantanosas, campos úmidos, oásis, manguezais, estuários, deltas e áreas costeiras.

As áreas alagadas possuem propriedades distintas, que oscilam conforme a vegetação e sua formação aquática, que são compostas por macrófitas que fazem a extração (através de suas raízes) de poluentes presentes no corpo hídrico. Os alagados naturais fazem parte da zona de transição dos ecossistemas aquático e terrestre tendo grande importância ambiental, pois auxiliam na depuração de rios, evitando assim a eutrofização (MONTEIRO, 2009).

2.4 *Wetlands* Construídos (WC)

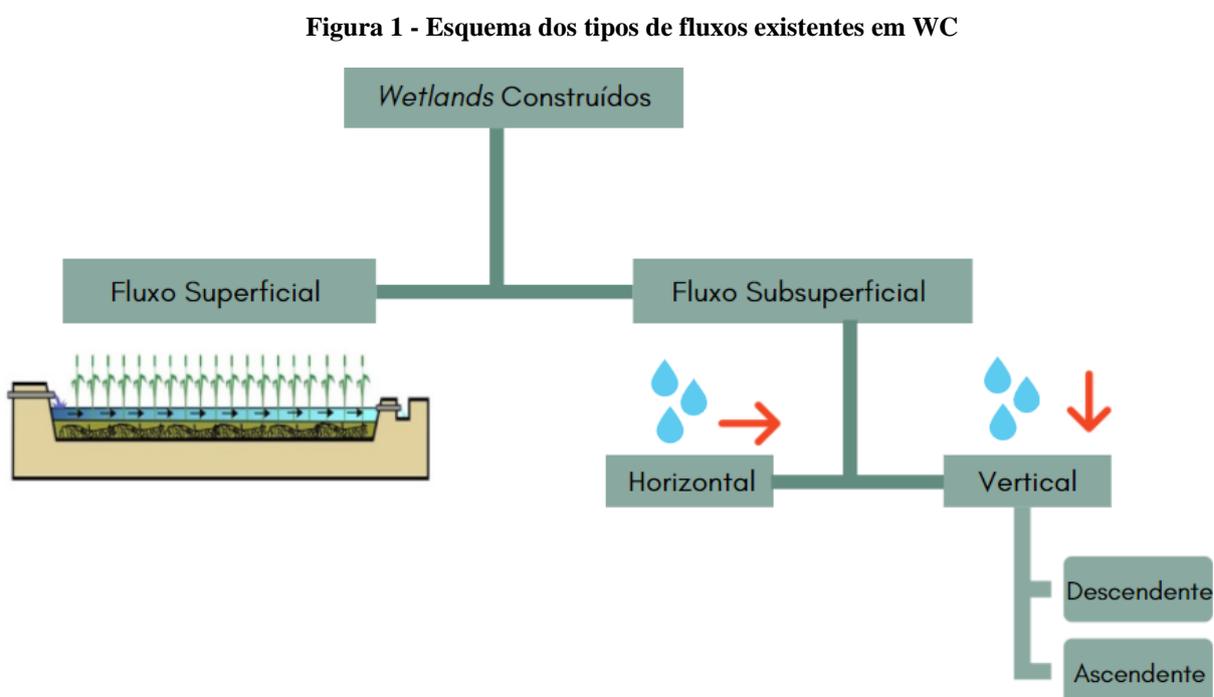
No Brasil existem diferentes termos que são empregados por não haver uma nomenclatura definida para os WC, o que dificulta a compatibilização dos resultados em termos de pesquisa. Entre os nomes recebidos pode-se citar: sistemas alagados construídos (SAC), terras úmidas artificiais, zonas úmidas, banhados construídos, leito de raízes, tanque de macrófitas, fitorremediação, fitolagunagem, filtros plantados, dentre outros (ZANELLA, 2008).

Segundo Sezerino (2006), o sistema WC é composto por um leito construído de alvenaria, fibra ou plástico, que é impermeabilizado e deve ser preenchido com material filtrante e finalizado com a inserção das macrófitas. O diferencial dos WC está na zona de raízes, onde as bactérias ali existentes obtêm o oxigênio e o nitrogênio conduzido pelas folhas da planta até raiz, degradando a matéria orgânica e convertendo em nutrientes determinantes para a planta. Dessa maneira, o odor frequentemente presente em tratamentos usuais de efluentes é anulado pela própria planta, já que suas raízes atuam como filtro. Com isso, a implantação dos WC resolve, em parte, uma grande questão que é o odor decorrente do

procedimento de degradação da matéria orgânica em tratamentos de efluentes usuais (VAN KAICK, 2002).

De acordo com os autores Cooper e Findlater (1990) existem processos naturais que atuam na remoção de poluentes nos WC. Para a degradação do material orgânico solúvel os elementos atuantes são a biodegradação aeróbia e a anaeróbia, processos de filtração e sedimentação que além de atuarem na degradação do material orgânico solúvel também atuam na remoção dos sólidos suspensos e de patógenos. Para a remoção de metais existente no esgoto os mecanismos atuantes são a complexação, precipitação, remoção feita pela planta, oxidação/redução microbiana. Para a extração de nitrogênio os elementos atuantes no processo são a amonificação subsequente de nitrificação e desnitrificação microbiana, remoção feita pela planta, adsorção e volatilização da amônia. Além da extração do nitrogênio, os processos de adsorção e remoção feita pela planta também atuam na remoção do fósforo.

Os WC podem ser categorizados em dois agrupamentos, conforme o processo de escoamento do efluente; e esses agrupamentos podem ser fragmentados conforme o fluxo hidráulico no sistema (KADLEC *et al.*, 2001). A Figura 1 mostra os tipos de WC existentes e seus agrupamentos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020

Nos subitens seguintes serão apresentadas as configurações de cada um desses agrupamentos.

2.4.1 *Wetlands* Construídos de Fluxo Superficial (WCFS)

Na Figura 1 é apresentado o esquema de funcionamento do sistema WCFS, em que a água a ser tratada escorre pela superfície do substrato cultivado com plantas emergentes. Geralmente são construídos canais longos, sendo a lâmina de água variável (SALATI, 2009).

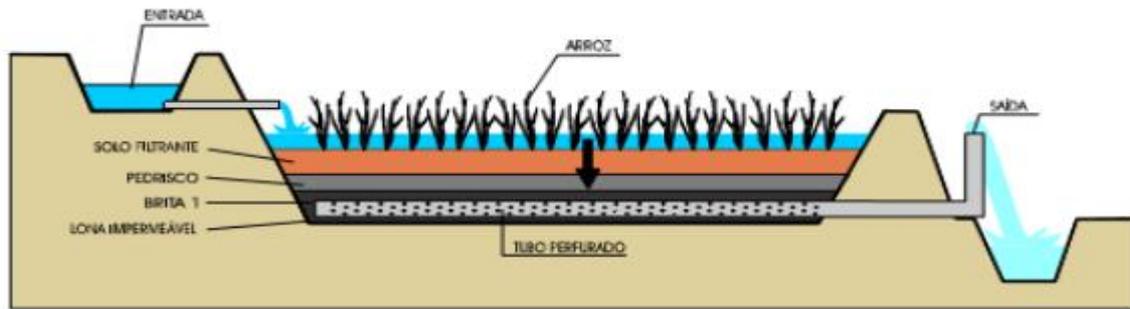
Esta configuração é a que mais se assemelha às áreas alagadas naturais, visto que os WCFS têm como característica principal a presença de águas acima do nível do solo. É ainda comparada às lagoas facultativas, considerando que tanto nos WCFS quanto nas lagoas facultativas há, na porção mais próxima à superfície, elevada exposição à radiação solar e trocas gasosas com a atmosfera; ao contrário, na porção inferior da coluna d'água, há o surgimento de uma zona anaeróbia. A diferença principal é que nos WCFS existe a presença de vegetação. As macrófitas usadas nesse sistema podem ser do tipo flutuante livre ou fixa, submersa livre ou fixa emergente (CRITES; TCHOBANOGLIOUS, 1998; ZANELLA, 2008).

2.4.2 *Wetlands* Construídos de Fluxo Vertical (WCV)

Em WCV, a distribuição do afluente é realizada de maneira homogênea por toda a área superficial do sistema de tratamento, escoando de forma ascendente ou descendente entre o sistema radicular das macrófitas e o material filtrante. Uma vez que a entrada do afluente é intermitente, o material filtrante não se mantém saturado, permitindo a manutenção de condições aeróbias (VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

O afluente dever ter um fluxo vertical, considerando uma camada de solos sobre brita, onde são cultivadas plantas emergentes, podendo também ser plantas flutuantes livres e ter uma lâmina de água residuária. Apesar da predominância dos sistemas de canal longo com pouca profundidade, as configurações podem variar (SALATI, 2009). Na Figura 2 é apresentado sistema WCV com fluxo descendente, no qual o afluente passa pela zona de raízes e desce até o tubo perfurado.

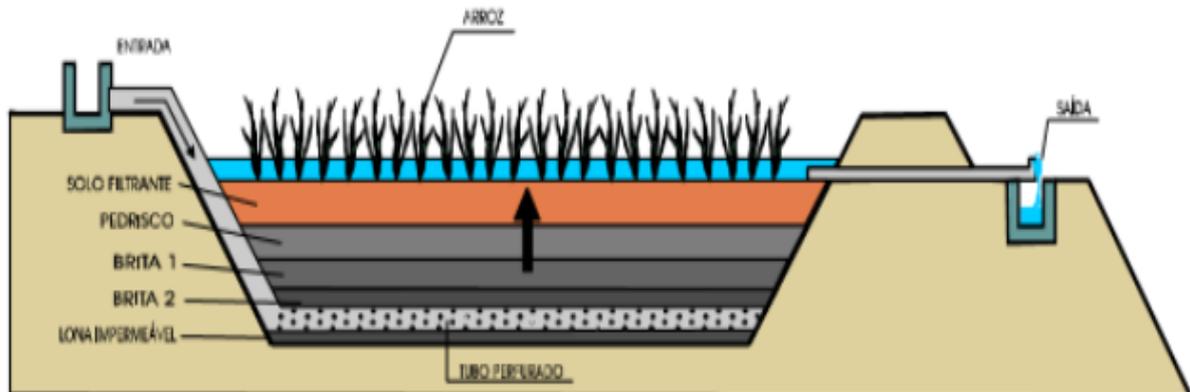
Figura 2 - Desenho esquemático de um sistema WCV de fluxo descendente



Fonte: SALATI, 2009

Na Figura 3 é indicado o sistema vertical com fluxo ascendente, em que o afluente atravessa entre o tubo perfurado e sobe em direção às zonas de raízes.

Figura 3 - Desenho esquemático de um sistema WCV de fluxo ascendente

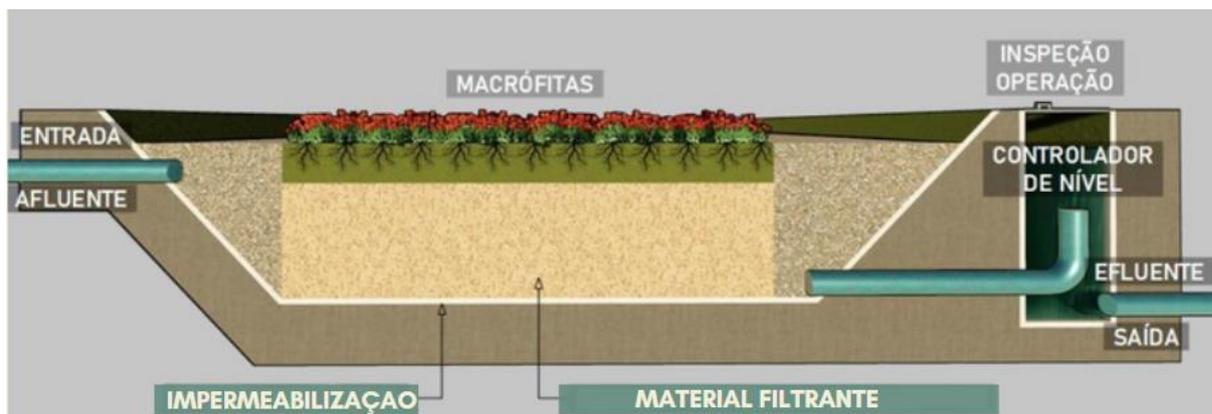


Fonte: SALATI, 2009

2.4.3 *Wetlands* Construído de Fluxo Subsuperficial Horizontal (WCFH)

Nessa modalidade de WC (Figura 4), a parte inicial do sistema é composta por brita de maior granulometria ou material semelhante. A partir da zona de entrada, o afluente entra em contato com o material filtrante, na zona principal do leito, composta por brita e/ou cascalho. O escoamento ocorre abaixo do nível superior do material filtrante, de forma lenta e, de forma predominante, horizontalmente pelo perfil do sistema até a zona de saída, também preenchida por brita de maior granulometria. Ao contrário do sistema de WCV, o material filtrante se mantém saturado (VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

Figura 4 - Desenho esquemático de WC de fluxo Subsuperficial Horizontal



Fonte: Elaborado pela autora, 2020

2.4.4 Sistemas Combinados ou Híbridos

Segundo Sezerino (2006), nos sistemas combinados ou híbridos é realizada a combinação em série dos WC de fluxo horizontal e vertical, podendo-se obter significativa redução da matéria orgânica. Nesta configuração, permitem-se a nitrificação dos compostos orgânicos presentes no efluente, considerando as condições aeróbias prevalentes nos WCV, assim como a desnitrificação parcial, contando com a condição anóxica dos WCFH.

2.5 Usos e Possibilidades de Aplicação dos WC

Os WC consistem em uma forma alternativa para o tratamento dos efluentes domésticos e industriais gerados e lançados sem tratamento ou com tratamentos insuficientes nos ambientes aquáticos. Esse sistema foi primeiramente adotado na Alemanha pelo Instituto Max Planck por Käthe Seidel em 1950, na extração de fenol e na diminuição da carga orgânica de efluentes de laticínio (KADLEC; KNIGHT, 1996). Já em âmbito nacional, os primeiros WC experimentais surgiram nos anos 80 com os pesquisadores Salati e Rodrigues com o intuito de aprimorar a qualidade da água e para contenção da poluição (SALATI JR. *et al.*, 1999).

Os WC podem ser considerados uma tecnologia de baixo custo e eficiente na remoção de poluentes. A sustentabilidade no seu uso pode ser garantida mediante a seleção adequada do tipo de tratamento associado aos WC, e verificação de qual será seu papel e eficiência de remoção esperadas (KIVAISI, 2001; WU *et al.*, 2015).

Conforme estudo realizado por Philippi e colaboradores (2007) os WC possuem uma grande aplicabilidade em níveis secundários em regiões rurais e áreas urbanizadas. Podem ainda ser adotados para comunidades menores, hotéis e condomínios, moradias isoladas e tratamento de dejetos de confinamentos (gado leiteiro e de corte, suinocultura) (KADLEC, 1996; VALENTIM, 2003).

No tratamento terciário os WC são usados no tratamento de efluentes de indústrias do seguimento alimentício, papel, petroquímicas e abatedouros. Usualmente adotado alto tempo de detenção hidráulica, sobretudo para remoção de fósforo. Se tratando do manejo de materiais tóxicos, os WC podem ser empregados no tratamento de águas de minas de carvão e de chorume de aterro sanitário (KADLEC, 1996; VALENTIM, 2003).

Pela produção de biomassa no sistema, podem ser considerados diferentes usos com retorno econômico, como a utilização na produção de ração animal, energia e biofertilizantes. Já no tratamento de águas destinadas ao reuso, devem ser considerados os pretendidos, apresentando potencialidade para indústrias do seguimento alimentício e confinamentos (gado leiteiro, suinocultura e gado de corte) (KADLEC, 1996; VALENTIM, 2003).

2.5.1 Dimensionamento de um WCFH

Considerando a adoção do sistema de WC de Fluxo Subsuperficial Horizontal no presente projeto de pesquisa, são detalhadas neste item as principais características para o seu dimensionamento.

Apesar do Brasil ainda não possuir norma técnica específica sobre dimensionamento de WC, pesquisadores atuantes na área publicaram uma cartilha intitulada Dimensionamento de WC no Brasil (VON SPERLING; SEZERINO, 2018), na qual compartilham a experiência acumulada ao longo dos anos no Brasil.

Os WCH são constituídos, principalmente, pelos seguintes elementos: ponto de entrada e distribuição do afluente, leito, impermeabilização do fundo e paredes internas, coleta e retirada do efluente e, naturalmente, as macrófitas. O comprimento da zona de entrada tem, em média, de 0,5 a 1 metro, assim como o ponto de coleta ou retirada do efluente. A largura máxima de cada módulo pode variar de 25 a 30m e a inclinação das paredes ou taludes internos pode variar entre 0:1 a 2:1. Porém, a declividade do fundo do sistema não deve ultrapassar 1%.

Os WC são dimensionados com base na área superficial, com isso maiores profundidades requererão grandes volumes do meio suporte. A altura do meio suporte e profundidade da lâmina de esgoto está em sua maioria correlacionada à granulometria do meio filtrante, considerando a relação altura x largura para maior área da seção transversal e redução da perda de carga hidráulica (IWA, 2017; VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

Para a definição da granulometria do sistema, consideram-se no leito filtrante a utilização de cascalho, brita, escória siderúrgica ou material similar que tenha uma boa resistência física e que não sofra desagregação pelas reações químicas e biológicas que possam vir a acontecer no sistema. É recomendado que a granulometria dos materiais seja referida em britagem, considerando brita 0 (4,8 a 9,5 mm), brita 1 (9,5 a 19 mm) ou brita 2 (19 a 25 mm). Vale ressaltar que a aplicação de um material com granulometria menor assegura uma capacidade superior de filtração, todavia gera entupimentos (colmatação) em um menor período de tempo. Assim, para granulometria menores, deve-se considerar meio suporte de maior altura, além de menores taxas de aplicação hidráulica. É importante não associar materiais com granulometrias diversas no leito, pois os grãos com menores granulometrias podem completar lacunas vazias dos grãos com granulometria maior, promovendo a colmatação de forma mais acelerada (IWA, 2017; VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

Tratando-se de comprimento x largura (C:L), os valores usuais podem ser ajustados de acordo com as singularidades de cada projeto, porém quanto maior o leito maior será sua eficiência no que se refere aos processos de degradação biológica, mas correlaciona-se com expressiva perda de carga hidráulica. Para evitar essa perda hidráulica alguns tipos de WC contam com várias entradas do líquido ao longo de sua extensão e no sentido do comprimento com espaços menores entre eles. Em alguns casos, para haver essa compensação da perda hidráulica, é usada uma declividade longitudinal no fundo do sistema. Também é importante mencionar a largura máxima de cada módulo, que tem como propósito colaborar na organização neutral da vazão em sentido largura de cada módulo ou unidade do WC (IWA, 2017; VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

No que se refere à inclinação das paredes ou taludes internos, é aceito paredes verticais que sejam construídas de alvenaria ou concreto ou pré-fabricadas em fibra de vidro, por exemplo. Porém, em WC de porte mais robusto faz-se necessário o uso da inclinação, que irá variar de acordo com o local inserido e com o tipo de solo. Em relação à impermeabilização do fundo e paredes ou taludes internos é necessária a aplicação de elementos e procedimentos

que preservem a resistência mecânica dos mesmos aos choques provocados pela radiação solar em casos em que o local é exposto (IWA, 2017; VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

Sobre a entrada e distribuição do afluente normalmente é utilizado acesso submerso no leito de fornecimento para conter a exteriorização do líquido em cima da superfície. Não obstante, há sistemas em que sua disposição ocorre em canais abertos ou até mesmo em tubulações, que colaboram com higienização do sistema. Porém, vale ressaltar que em qualquer contexto a entrada precisa preencher a largura do módulo ou unidade (IWA, 2017; VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

Nos Quadros 1 e 2 apresentam-se critérios e parâmetros de projeto usualmente adotados em projeto de WCH.

Quadro 1 - Características de dimensionamento de um WCH

Item	Valor
Altura do meio suporte	0,50 a 0,90m
Profundidade da Lâmina de Esgoto	0,40 a 0,80m
Distância entre o nível de esgoto e o topo do meio suporte	~ 0,10m
Borda livre (distância entre o topo do meio suporte e o nível do terreno fora da unidade ou da parte superior da parede, caso existente)	~ 0,10 a 0,20m
Relação comprimento: largura	2:1 – 4:1
Largura máxima de cada módulo	25 a 30m
Número de unidades em paralelo	- *Um maior número de unidades permite maior flexibilidade operacional, caso haja necessidade de manutenção e limpeza em uma das unidades.
Inclinação das paredes ou taludes internos (horizontal/vertical)	Entre 0:1 a 2:1
Declividade longitudinal do fundo	0 a 1%

Fonte: VON SPERLING; SEZERINO, 2018

Quadro 2 - Características dos elementos constituintes de um WCH

Item	Valor ou descrição
Granulometria do leito	Podem ser usados brita, cascalho, escória siderúrgica ou outro material que possua resistência física e que não sofram desagregação. Brita 0 (4,8 a 9,5 mm); brita 1 (9,5 a 19 mm); ou brita 2 (19 a 25 mm)
Granulometria do leito nas zonas de entrada (distribuição do afluente) e saída (coleta do efluente)	Britagem correspondente a brita 4 (50 a 76 mm) ou pedra de mão granulometria superior a 76 mm)
Entrada e distribuição do afluente	Comprimento da zona de entrada entre 0,5 e 1,0 m
Coleta e retirada do efluente	Comprimento da zona de saída entre 0,5 e 1,0 m
Impermeabilização do fundo e paredes ou taludes internos	Usualmente são empregadas geomembranas ou camadas de lona plástica e bidim intercalados, quando escavados em solo. Na adoção de geomembranas de PEAD, a espessura mínima recomendada é de 1,0 mm

Item	Valor ou descrição
Plantas potencialmente utilizáveis	<p><i>Typha</i> (taboa); <i>Cyperus papyrus</i> (papiro); <i>Zizanopsis bonariensis</i> (junco); <i>Juncus spp</i> (junco); <i>Eleocharis spp</i>; <i>Alternanthera spp</i>; <i>Brachiaria spp</i>; <i>Cynodon spp</i> (capim Tifton 85); <i>Pennisetum purpureum</i> <i>Chrysopogon zizanioides</i> (capim Vetiver); <i>Canna generalis</i> (biri).</p> <p>*Podendo variar de acordo com a função ornamental a ser atingida</p>
Manejo das plantas	<p>Usualmente são adotados 4 propágulos por m² (variável com a espécie). À medida que as espécies se desenvolvem, a densidade de plantas aumenta consideravelmente. Quando finalizada o corte das plantas, sua remoção evita a liberação de compostos absorvidos pelo sistema no leito filtrante. A compostagem pode ser uma adequada destinação da biomassa proveniente da poda das macrófitas</p>

Fonte: VON SPERLING; SEZERINO, 2018

2.5.2 Parâmetros da Qualidade da Água em WC

A referência à qualidade da água correlaciona-se às propriedades físicas, químicas e biológicas, considerando a sua condição de solvente universal. As circunstâncias geomorfológicas, geológicas e a vegetação exercem influência no ecossistema aquático, assim como a intervenção humana, que pode deturpar a qualidade das águas (VON SPERLING, 2005).

A qualidade da água é ponderada de acordo com as substâncias existentes na mesma, descritas como parâmetros de qualidade da água. Em conjunto, os parâmetros possibilitam avaliar o nível de poluentes encontrados na água e em qual classe ela se enquadra, conforme instrumento estabelecido na Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A seleção dos parâmetros a serem monitorados correlaciona-se com as condições locais e os objetivos do estudo, como por exemplo, avaliação da eficiência de determinado tratamento, riscos associados à saúde da população exposta ou do próprio ecossistema aquático.

Para o monitoramento e avaliação de eficiência de sistemas de tratamento WC, destacam-se aqui os seguintes parâmetros: DBO, DQO, NT e Fósforo, por serem os mais comumente abordados nos estudos publicados com dados de monitoramento e avaliação de eficiência em sistemas de WC.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):

Parâmetro utilizado para determinar a quantidade de oxigênio que os microrganismos aeróbios precisam para realizar a oxidação da matéria orgânica presente na amostra. Nesse contexto, quanto maior for a concentração de matéria orgânica, maior a demanda bioquímica de oxigênio; e quanto mais elevada for a DBO, menor será a quantidade de oxigênio dissolvido disponível aos animais superiores, como os peixes.

Demanda Química de Oxigênio (DQO):

A DQO quantifica o consumo de oxigênio durante a reação química da matéria orgânica e/ou inorgânica passível de oxidação pelo dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), em meio ácido. Assim como a DBO, permite a quantificação indireta de matéria orgânica presente na amostra analisada. Apesar de contabilizar não somente a matéria orgânica biodegradável, visto o emprego de um oxidante forte, uma grande vantagem da quantificação da matéria orgânica via análise de DQO, é a rapidez do teste.

O nitrogênio e os óxidos nitrogenados (nitritos e nitratos):

O nitrogênio é importante formador de moléculas orgânicas, tais como aminoácidos e proteínas por intermédio de ligações peptídicas, bases nitrogenadas e de ácidos nucleicos. A decomposição e oxidação desses compostos aminados corroboram na formação de óxidos de nitrogênio, tais como o nitrito (criado a partir da oxidação da amônia por bactérias do gênero *Nitrosococcus* e *Nitrosomonas*) e o nitrato, sintetizado pela oxidação do próprio nitrito, por intermédio das *Nitrobacter*. Todavia, em grandes quantidades em ecossistemas aquáticos, os compostos nitrogenados promovem o fenômeno da eutrofização, ou seja, o aumento da disponibilidade de nutrientes. O excesso de nutrientes inorgânicos leva à proliferação de algas, em um fenômeno que é conhecido como floração das águas.

Fósforo (P):

O fósforo possui um ciclo simples na natureza, se comparado ao dos compostos aminados citados anteriormente, pois não há passagem desse elemento químico pela atmosfera, dificultando a sua dispersão e atenuando a complexidade de sua entrada nos diferentes meios. No meio aquático, está presente principalmente como ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. A assimilação biológica se dá, de forma direta, na forma de ortofosfato ou após hidrólise de polifosfatos (VON SPERLING, 2005).

Em relação aos organismos vegetais, incluindo as macrófitas, que serão abordados mais adiante, o fósforo é obtido por essas plantas por meio da absorção de fosfatos dissolvidos em solução aquosa, tanto na água quanto no solo. Esse composto colabora para a síntese de uma série de compostos orgânicos fosforados (onde o fosfato é transformado em fosfato orgânico) (SANTANNA JR., 2010).

2.5.3 Oscilações Climáticas e a Eficiência em WC

As séries históricas, com indicações das condições de temperatura, precipitações, umidade do ar e pressão atmosférica de determinada localidade têm uma relação direta com a eficiência de remoção de poluentes nos sistemas de WC (KIM, *et al.*, 2014; VALIPOUR; AHN, 2016).

Estudos de Kim *et al.* (2014) na Coreia do Sul relacionam a oscilação climática à eficiência de extração de nitrogênio total (NT) em um sistema de WC, sendo avaliados os índices de remoção no verão e inverno. A eficiência teve uma variação de 8,8% entre essas estações, sendo 75,2% no verão e 66,4% no inverno, o que demonstra uma maior eficiência em ambientes com temperaturas mais elevadas.

De acordo com Kadlec e Reddy (2001), as influências climáticas em WC atuam diretamente em etapas primordiais para a extração e deterioração de poluentes, que são:

Desenvolvimento das macrófitas: As macrófitas, para terem uma boa taxa de desenvolvimento e crescimento, precisam de iluminação, temperatura, umidade, que variam entre as estações do ano, considerando as oscilações de temperatura e pluviometria.

Tempo de Detenção Hidráulico (TDH): Conforme acontecem as variações na evapotranspiração e a pluviometria, o TDH é modificado. A oscilação do TDH relaciona-se com a eficiência do sistema, já que as remoções e/ou degradação dos poluentes baseiam-se no tempo que necessitam para acontecer.

Processos Físico-Químicos: Modificando a dissolução de gases, sobretudo o oxigênio, as oscilações climáticas, em especial a temperatura, transformam as condições físico-químicas no sistema. Considera-se ainda que reações químicas podem ser alteradas de

acordo com a temperatura dentro do local de reação, o que também acaba modificando a eficiência do sistema.

Atividades Microbiológicas: Os processos microbiológicos e o índice de remoção e degradação dos poluentes estão relacionados com a temperatura, transcorrendo em maiores taxas para determinadas temperaturas. Assim, de acordo com a temperatura do sistema, pode-se intensificar ou retardar as atividades microbiológicas, modificando a eficiência do sistema.

2.6 Macrófitas

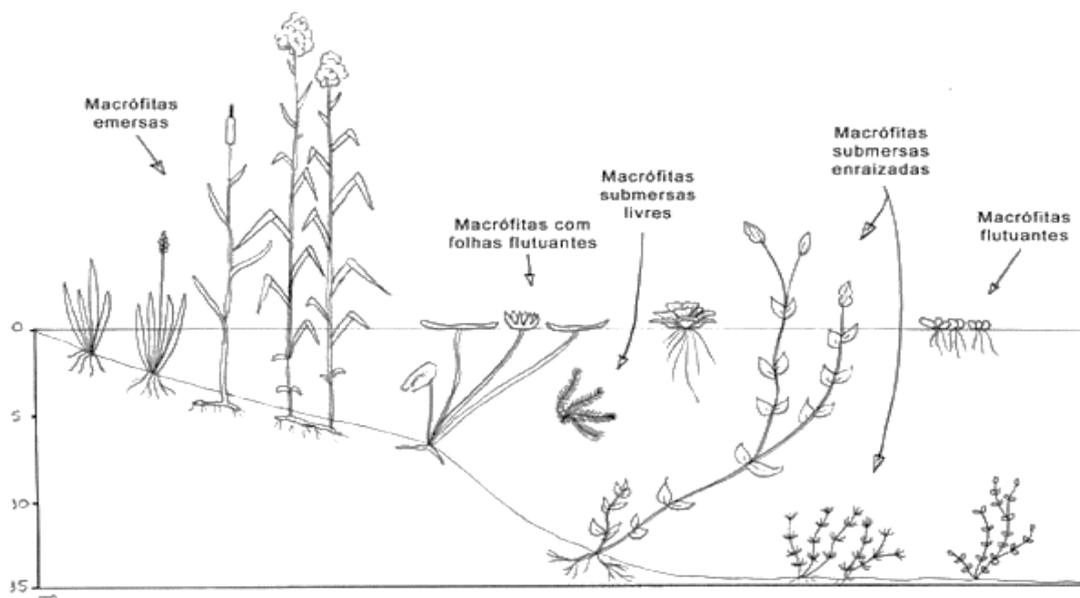
As macrófitas são plantas hidrófitas que crescem em ambientes de transição, purificando naturalmente a água, pois retiram nutrientes necessários em seu ciclo natural e o utilizam, devolvendo-os ao meio quando morrem. Por essa razão, são utilizadas como alternativa para o tratamento de águas residuárias, em WC, mais comumente usadas em regiões de clima tropical e subtropical, por sua maior exposição ao sol e temperaturas altas que estimulam maior biodiversidade. Dentre suas vantagens, pode-se mencionar que não deixam resíduos, exceto a produção de biomassa que pode ser reaproveitada na maioria dos casos, diferentemente do tratamento de esgoto nas estações convencionais, por meio de sistemas aeróbios e anaeróbios, que têm como produto os lodos (HU *et al.*, 2017).

As macrófitas aquáticas são utilizadas com sucesso na recuperação de rios e lagos poluídos, pelo fato de suas raízes poderem absorver grandes quantidades de substâncias tóxicas, além de formarem uma densa rede capaz de reter finas partículas em suspensão. Cabe mencionar que as macrófitas não são uma espécie ou gênero de plantas, mas seu agrupamento se refere direta e exclusivamente ao seu potencial dentro da natureza, a maneira com que compete aos ecossistemas em que está presente e, principalmente, à sua disposição dentro dos ambientes (KLETECKE, 2011).

De acordo com Valentim (1999), as macrófitas se segmentam em três categorias, flutuantes, submergentes e emergentes (Figura 5). As flutuantes incluem, por exemplo, espécies como *Lemna* sp., *Spirodela* sp., *Eichhornia crassipes* e *Wolffia arrhiza*, *Azolla caroliniana*, caracterizadas pelas suas folhas, que ficam na superfície do corpo d'água, podendo ter raízes fixadas no fundo ou não. As submergentes, como *Elodea nuttallii*, *Egeria densa* e *Ceratophyllum demersum*, ficam embaixo d'água, com raízes fixas ou não. As emergentes, como *Scirpus* sp., *Phragmites australis*, *Typha* sp., *Canna flaccida*, *Eleocharis*

sp. e *Juncus* sp., tem as principais folhas no ar, com raízes fixadas no solo, em contato com a água.

Figura 5 - Exemplo dos tipos de classificação das macrófitas



Fonte: ESTEVEZ, 1998

Conforme indicado por Valentim (1999), as macrófitas aquáticas podem ser classificadas como: Macrófitas Emersas que são Enraizadas no sedimento, porém suas folhas crescem para fora da água; Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes que são enraizadas no sedimento e com folhas flutuando na superfície da água; Macrófitas aquáticas submersas enraizadas que são enraizadas e crescendo totalmente debaixo d'água; Macrófitas aquáticas submersas livres que Permanecem flutuando debaixo d'água, e podem se prender a pecíolos e caules de outras macrófitas; Macrófitas aquáticas flutuantes que Flutuam livremente na superfície da água.

As macrófitas a serem empregadas no tratamento de efluentes em WC devem atender alguns requisitos para um melhor funcionamento do sistema, dentre os quais, pode-se citar a capacidade de resistir a áreas alagadas e se adaptar a receber com frequência uma elevada taxa e concentrações de contaminantes (ZANELLA, 2008). O Quadro 3 apresenta algumas macrófitas comumente usadas em WC e seu tipo de crescimento.

Quadro 3 - Espécies mais utilizadas em WC

Espécie	Crescimento	Espécie	Crescimento
<i>Azolla</i> spp.	Flutuante	<i>Lemna</i> spp.	Flutuante
<i>Carex</i> spp.	Emergente	<i>Cyperus</i> spp.	Emergente
<i>Canna</i> spp.	Emergente	<i>Canna x generalis</i>	Emergente
<i>Myriophyllum</i> spp.	Submersa	<i>Egeria</i> spp.	Submersa
<i>Ceratophyllum</i> spp.	Submersa	<i>Phalaris</i> spp.	Emergente
<i>Nelumbo</i> spp.	Emergente	<i>Eichhornia</i> spp.	Flutuante
<i>Colocasia</i> spp.	Emergente	<i>Phragmites</i> spp.	Emergente
<i>Eleocharis</i> spp.	Emergente	<i>Pistia</i> spp.	Flutuante
<i>Iris</i> spp.	Emergente	<i>Spirodela</i> spp.	Flutuante
<i>Typha</i> spp.	Emergente	<i>Lagorosiphon</i> spp.	Flutuante
<i>Elodea</i> spp.	Submersa	<i>Glyceria</i> spp.	Emergente
<i>Potamogeton</i> spp.	Submersa	<i>Salvinia</i> spp.	Flutuante
<i>Hydrilla</i> spp.	Submersa	<i>Hydrocotyle</i> spp.	Flutuante
<i>Schoenoplectus</i> spp.	Emergente	<i>Scirpus</i> spp.	Emergente
<i>Juncus</i> spp.	Emergente	<i>Wolffia</i> spp.	Flutuante
<i>Nuphar</i> spp.	Fixa de folhas flutuantes	<i>Nymphaea</i> spp.	Fixa de folhas flutuantes

Fonte: ZANELLA 2008

Sobre as espécies a serem inseridas nos sistemas de WC, é importante destacar que a poda e a remoção das macrófitas influenciam na remoção dos poluentes, já que cada espécie possui um ciclo de crescimento distinto (KLETECKE, 2011).

2.6.1 Sistema Solo/Planta e o Biofilme

Os WC são estruturas que aproveitam do preceito solo úmido cultivado para que o conjunto solo-microrganismos-rizosfera das macrófitas seja encarregado pela depuração do afluente, fazendo com que o sistema WC seja similar ao tratamento comumente utilizado para tratar efluentes em processos físicos, químicos e/ou biológicos (SILVA *et al.*, 2015). A rizosfera é o local em que solo e as raízes das plantas ficam em contato. A quantidade de microrganismos na raiz e no seu entorno é superior do que em solo livre; as espécies de microrganismos na rizosfera também são distintas das que vivem em solo livre de raiz (PELCZAR *et al.*, 1997).

De acordo com os autores Reed *et al.* (1995), os sistemas solo-planta são especificados com a administração orientada de afluentes, a fim de lograr um adequado tratamento e, assim, obter uma melhoria na qualidade da água. O solo opera como filtro e propicia os processos de sorção e desempenho microbiológico, que mineraliza a matéria orgânica presente no efluente, convertendo elementos orgânicos a inorgânicos, oferecendo para a planta nutrientes e minerais.

Os WC apresentam uma enorme diversidade de micro-habitats para ascensão microbiana. Das comunidades de microrganismos que residem nos WC, as bactérias estão em maior número, sendo agentes responsáveis pelas ações de nitrificação e desnitrificação, além da decomposição da matéria orgânica (DECAMP; WARREN, 2001). Os microrganismos presentes nas águas residuárias são aglutinados ao meio suporte dos WC e às raízes das macrófitas, originando o biofilme. Esse biofilme é composto pelo aglutinado de microrganismos e por produtos extracelulares que se aglutinam sobre uma base sólida, originando um extrato denso e espesso, com uma morfologia externa pouco regular e uniforme (VALENTIM, 2003).

A simbiose entre as macrófitas e os microrganismos presos nas raízes é característica do comensalismo, ligação em que um dos componentes é favorecido e o outro não se beneficia e tampouco tem desvantagens. Na rizosfera coincide a zona aeróbia com a zona anóxica, possibilitando o crescimento de diversas bactérias que atuam na demanda de nitrificação-desnitrificação. A nitrificação acontece primeiramente, na rizosfera e no biofilme. A desnitrificação ocorre então na microzona, como um processo anaeróbio (VALENTIM, 2003).

Sendo assim, os microrganismos que existem no biofilme atuam na purificação do efluente nos WC. Os componentes essenciais para a propagação bacteriana como o oxigênio, a matéria orgânica e os micronutrientes, são adsorvidos na superfície e passados entre o biofilme pelo procedimento de difusão, que são metabolizados pelos microrganismos (OLIJNYK, 2008).

A matéria orgânica existente no efluente será assimilada pelos microrganismos existentes no biofilme, que é constituído no meio suporte. Ao mesmo tempo em que os microrganismos se desenvolvem, o revestimento biológico cresce e o oxigênio que sobra é consumido sem que entre em uma profundidade superior da camada, originando assim um meio anaeróbio próximo a superfície do meio suporte (OLIJNYK, 2008).

Com o crescimento do biofilme, a matéria orgânica é consumida e metabolizada sem que atinja os microrganismos do meio, que não possuem outra fonte externa de matéria orgânica, compondo assim o ciclo endógeno de desenvolvimento e corrompendo sua capacidade de aglutinação. Esse evento de dissipar parte da biomassa é essencialmente uma finalidade da carga hidráulica nos WC que contribui para a seleção de microrganismos e para a permanência dos microrganismos com a capacidade metabólica maior de viver dentro do sistema de WC (OLIJNYK, 2008).

Nos itens seguintes estão detalhadas informações acerca de espécies de uso já consolidado em sistemas de WC, selecionadas, após revisão bibliográfica realizada, para fazer parte do projeto paisagísticos proposto no presente estudo.

2.6.2 *Typha latifolia* L.

A *Typha latifolia* (Figura 6) é uma planta que pertence à família Typhaceae e gênero *Typha*, são conhecidos popularmente como taboa ou tabúa. São plantas herbáceas perenes com rizomas rasteiros subaquáticos, possuem caules simples, eretos e com formato cilíndrico. A folhagem é reta e aplainada, medindo de 1 a 2 cm de largura, sua altura total chega a atingir de 1,10m a 2,50m. As flores são hermafroditas, sendo a parte inferior feminina e a parte superior masculina (BONILLA; ARRAÚZ, 2015; KISSMANN; GROTH, 2000).

São comuns em beira de lagos, reservatórios e canais de drenagem, além ter um interesse comercial amplo já que são usadas como matéria-prima para fabricação de móveis e celulose. Possuem várias propriedades que a conceituam como uma planta com grande potencial para a fitorremediação, como adaptabilidade a locais impactados e sua ascensão vegetativa acelerada. A profundidade indicada para que não perca seu poder de eficiência de remoção é de, no máximo, 0,8m (BONILLA; ARRAÚZ, 2015; KISSMANN; GROTH, 2000).

2.6.3 *Cyperus giganteus* Vahl

A *Cyperus giganteus* (Figura 7) é uma planta pertencente à família Cyperaceae e mais conhecida popularmente como papiro, piri ou papiro-brasileiro. É uma herbácea perene, reta e rizomatosa que chega a atingir de 1,5 a 2,5m de altura. Possui folhagem finas, verde-brilhantes, pendentes e formam uma elegante cabeleira no ápice das hastes. Suas flores são

discretas, de cor amarelada e importância ornamental secundária, surgem em inflorescências formadas entre as folhas, no centro da coroa (LORENZI, 2015; SAUERESSIG, 2017).

Nativa do centro-oeste do México até o sul do Uruguai, incluindo o Brasil. É recomendado seu cultivo com a base submersa com umidade constante e ambiente a pleno sol, com solo rico em matéria orgânica (LORENZI, 2015; SAUERESSIG, 2017).

São plantas que apresentam excelente capacidade de transformação de energia solar, originando produtividade aos WC, sobretudo por serem uma das espécies que se correlacionam à eficiência de remoção em WCs e que se adaptam bem a climas tropicais e subtropicais, sendo uma das herbáceas mais utilizadas em WC (PERBANGKHEM; POLPRASERT, 2010).

Figura 6 - *Typha latifolia* L.



Fonte: PIXABAY, 2010

Figura 7 – *Cyperus giganteus* Vahl



Fonte: PIXABAY, 2020

2.6.4 *Canna x generalis* L.H. Bailey

A *Canna x generalis* fazem parte de um extenso grupo de herbáceas híbridas, perenes e rizomatosas. São marcadas principalmente por suas folhas grandes e vistosas, as estruturas florais são sempre vibrantes e apresentam em sua grande maioria cores vivas e pétalas pequenas. São hermafroditas e apresentam seu órgão reprodutor posicionados estrategicamente para fins de polinização. Sua propagação é feita através de mudas, rizomas, sementes, divisão da planta ou touceira (GONÇALVES; LORENZI, 2007; LORENZI, 2015).

Dentre este grupo, destacam-se as espécies *Canna indica* L. e *Canna glauca* L. (Figuras 8 e 9, respectivamente), pela sua eficiência de remoção e tolerância a locais úmidos ou alagados. Suas diferenciações são basicamente a nível morfológico, pois bioquimicamente e a nível celular apresentam as mesmas funções (SAUERESSIG, 2017).

A *Canna indica* L. é uma planta nativa do Brasil que atinge de 0,9 a 1,2m de altura e é conhecida popularmente como beri, beri-silvestre ou bananeirinha. Deve ser cultivada a meia-sombra ou a pleno sol, com solo rico em matéria orgânica e deve ser mantido umedecido. Sua folhagem é simples, verdes, glabras, brilhantes, estreito-ovaladas e medem de 10 a 20 cm de largura por 30 a 60 cm de comprimento. Os canteiros devem ser renovados a cada 2 anos, e é bastante tolerante a baixas temperaturas. Sua coloração é sempre vibrante e com múltiplas cores na mesma flor (LORENZI, 2015; SAUERESSIG, 2017).

Figura 8 – *Canna indica* L.



Fonte: PIXABAY, 2013

Figura 9 – *Canna glauca* L.



Fonte: PIXABAY, 2017

A *Canna glauca* L. tem origem nas Índias Ocidentais, América do Sul (incluindo Brasil) e atinge de 1,3m a 1,8m de altura, sendo popularmente conhecida como caête-imbiri, coquilho e maracá. Devem ser cultivadas em locais encharcados e a pleno sol, sua folhagem possui folhas inteiras, verde-azuladas (muito cerosas), lanceolado-esverdeadas sua floração é predominantemente amarelo-claro ou amarelo-esverdeado, podendo também apresentar flores amarelas manchadas de vermelho. É tolerante a locais secos, porém é uma planta sensível a geadas e deve ser cultivada em locais com inverno mais brando (LORENZI, 2015).

2.6.5 *Cymbopogon citratus* Stapf

O gênero *Cymbopogon* possui cerca de 30 espécies de gramíneas perenes aromáticas, sendo a maioria destas nativas da região tropical da África e Ásia. Planta pertencente a uma das grandes classes, que integra aproximadamente 500 gêneros e 8.000 espécies compostas basicamente por herbáceas que são chamadas em geral de gramíneas, além de pertencer à família das *Poaceae* (CARR, 2006).

A *Cymbopogon citratus* Stapf (Figura 10) é mais conhecida como capim limão ou citronela. É recomendado o cultivo em locais com alta luminosidade com luz solar direta, solo bem drenado, leve, fértil e rico em matéria orgânica. Suas folhas são longas e lanceoladas, cortante ao tato quando dilacerada manualmente. Possui um odor aromático característico de limão (repelente de insetos); sabor aromático e ardente; erva perene, frondosa e robusta, que cresce formando touceiras de até 1,5 m ou mais de altura, com rizomas curtos (CARR, 2006).

Sua reprodução é feita através de touceira ou mudas com raízes. Para plantio é recomendado o espaçamento recomendado é de 40 cm a até 100 cm entre as plantas. Sua coloração é predominantemente verde e com ramos finos na ponta (CARR, 2006).

Figura 10 – *Cymbopogon citratus* Stapf



Fonte: PIXABAY, 2014

2.7 O Paisagismo

O significado da palavra paisagem apareceu na Holanda no século XVI para se referir ao conceito de pintura, que é uma concepção de origem artística, que requer uma adoração da estética. Assim como relata Grimal (1974) a paisagem é mutável e somente consegue ser captada em sua dinâmica. O termo paisagem expõe muitas definições, relacionadas com o efeito atual de um extenso tempo de evolução como relevo, clima, fauna e flora, além das intervenções feitas pelo homem. Sendo assim, tudo o que se define como paisagem recebe várias designações: rural, urbana, litorânea, degradada e/ou poluída (CLIFFORD, 1970).

A idealização mais antiga de jardim tem origem na China e se tornou a base e o embrião do estilo paisagístico, dando origem à jardinagem. Após isso, apareceu na Pérsia (atual Irã) e no Egito a tendência de jardins com formatos regulares e geométricos com a rigidez da simetria extrema (MONTENEGRO, 1983). Como apontado por Clifford (1970), a Babilônia, Egito e Pérsia são conhecidos pelo clima seco e árido, que foi local de instalação das antigas tribos e civilizações. Devido às condicionantes climáticas dessas regiões, sombra e água fresca se tornam essenciais e assim surgiram os primeiros jardins que possuíam canais de irrigação, tanques e árvores para gerar sombra.

Na Inglaterra, no reinado de Luiz XV, a rigidez da simetria foi abandonada e ganha forma um novo tipo de traçado, uma maior liberdade e forma de interagir com a natureza, buscando uma aproximação com a mesma. Esses tipos de jardins foram conceituados formalmente como “jardins paisagísticos” e apresentavam como principal atributo suas formas básicas e irregulares, buscando sempre aproximar-se da natureza em seu traçado. Nessa época, o romantismo teve bastante influência e assim apareceram contornos e formas sinuosas (CLIFFORD, 1970).

No Brasil, o paisagismo chegou um tanto quanto tarde, considerando a evolução do paisagismo em outras partes do mundo, fato que tem como um dos fatores a colonização tardia do país. Foi em 1807, com a vinda de Dom João VI, que o paisagismo chega ao Brasil. Com o passar dos anos surgiu o movimento modernista e com ele vieram grandes nomes do paisagismo nacional, em destaque Roberto Burle Marx (Figuras 11 e 12) que reinventou o paisagismo com novas curvas, formas e mistura tropical das cores vivas e vibrantes sendo reconhecido inclusive em âmbito internacional (PAIVA; ALVES, 2002).

Figura 11 - Jardim projetado por Burle Marx na Pampulha, em Belo Horizonte



Fonte: GUIMARÃES, 2019

Figura 12 - Jardim Botânico projetado por Burle Marx no Bronx, em Nova York



Fonte: GUIMARÃES, 2019

2.7.1 A Influência das Cores no Paisagismo

Da mesma maneira que os elementos fundamentais como linha, formas e texturas são importantes para a interação humana com o espaço, o uso das cores também se faz necessário.

Primeiramente, em um projeto paisagístico, é necessário perguntar qual o clima e as sensações são desejados para aquele espaço, para que as cores sejam usadas para criar sensações na mente humana. Por isso, o paisagista precisa entender como cada cor funciona e as sensações que podem ser transmitidas (LIRA FILHO, 2002).

O vermelho é uma cor correlacionada com sentimentos agudos, como calor, excitação e a paixão que igualmente cria a ideia de ascensão para o espectador, ou familiaridade. O emprego dessa cor também elava a pressão sanguínea e a tensão muscular, não aconselhado a usar em grande escala. Porém em pequena escala faz-nos comunicativos e sociáveis (LIRA FILHO, 2002; SCHLEIFER, 2011).

O laranja também é uma cor que está ligada a calor e excitação, porém em menor proporção do que o vermelho, fazendo a ativação do campo emocional, promovendo a facilidade de digestão (LIRA FILHO, 2002; SCHLEIFER, 2011).

O amarelo também promove a sensação aguda dos sentimentos, porém de forma bem mais branda. O amarelo é um provocativo mental e nervoso, incitando o raciocínio e trazendo a sensação de calma, frescor e sossego (LIRA FILHO, 2002; SCHLEIFER, 2011).

A competência de corrigir questões psicológicas e físicas, e a expectativa de persuadir relações sociais em um certo local e paisagem têm sido ponderados ao longo dos tempos. Portanto, as cores atuam sobre o desempenho e sobre o corpo humano, trazendo resultados que vão além da satisfação do estético (LIRA FILHO, 2002; SCHLEIFER, 2011).

2.7.2 O Paisagismo em WC

Com o acelerado crescimento urbano, engenheiros e demais profissionais da área urbanística viram a possibilidade de combinar o paisagismo e o tratamento de efluentes, com destaque para os sistemas de WC. Profissional pioneiro do paisagismo em WC, o francês Prof. Dr. Thierry Jacquet tem desenvolvido diversos trabalhos nesta linha (PHYTORSTORE, 2018).

Na França existem mais de 3.500 sistemas de WC em operação, sendo o mais famoso deles o *Parc du Chemin de l'Île* (Figura 13) na cidade de Nanterre, exemplo exitoso de planejamento municipal para revitalização urbana de um setor industrial. Localizado nos arredores do rio Sena, o referido parque tem como objetivo o tratamento das águas do rio, por meio de um sistema de WC em níveis distintos (PHYTORSTORE, 2018).

Figura 13 - Parc du Chemin de l'Île na França



Fonte: GODINHO; GUEDES, 2017

O *Parc du Chemin de l'Île* possui como configuração três piscinas, cada uma delas contendo espécies de macrófitas diferentes. A primeira possui as macrófitas *Typha angustifolia* e *Phragmites Communis* com o intuito de fragmentar a matéria orgânica e diminuir as taxas de metais pesados e nitratos. A segunda piscina possui as macrófitas *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus* e *Iris sibirica* com o intuito de degradar as bactérias. A terceira possui macrófitas *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata* e *Glyceria aquatica* que tem como função estimular a oxigenação da água. Além das macrófitas, inúmeras passarelas e praças unem as grandes piscinas que criam um efeito estético e uma integração do público com a natureza e uma área de descanso para os visitantes (GODINHO; GUEDES, 2017).

Conforme reportado por Godinho e Guedes (2017), são tratados 40 m³/h de água do rio Sena em uma área de 18.000 m², voltando para o rio cerca de 30 m³/h de água despoluída. O restante da água é utilizado, principalmente, para irrigação do parque. Os resultados das análises realizadas indicam que a água do rio Sena é despejada com a classificação 1B, que corresponde a uma água em estado satisfatório para banho. No parque, cerca de 40 a 80 m³ de resíduos verdes são gerados sendo todo reaproveitado no próprio local.

No Brasil também existem projetos paisagísticos que incorporam a funcionalidade de remoção de poluentes dos efluentes. Dentre eles, destaca-se o sistema de WC da empresa VALE, na Mina de Águas Claras, em Nova Lima, Minas Gerais. O WC de sistema horizontal, sem lâmina aparente, foi construído em uma área de 4.000m², e atende 700 pessoas que

trabalham no local. Para compor o ambiente no entorno do sistema, foi planejada e construída uma praça sustentável, com aproveitamento de restos de dormentes de ferrovia e rejeitos de minério de ferro (Figuras 14) (WETLANDS CONSTRUÍDOS, 2018).

No que se refere ao sistema de tratamento, é contemplado gradeamento seguido por tratamento primário, composto por fossa-filtro, que degrada parte da matéria orgânica. O sistema de WC configura o tratamento secundário, não apresentando lâmina aparente com efluente atravessando 10 cm abaixo da superfície. Composto por canais relativamente rasos (80 cm), integrados pelo meio filtrante feito em camadas de areia grossa e brita. As macrófitas utilizadas foram o *Cyperus giganteus* (Papiro), *Cynodon* (capim tifton) e *Dahlia* (dália). Após a passagem do efluente pelo WC, a água tratada é estocada em uma lagoa e usada para irrigação do local (VALE, 2017).

Figura 14 - WC de fluxo horizontal sem lâmina aparente da empresa VALE, Nova Lima, MG



Fonte: WETLANDS CONSTRUÍDOS, 2018

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos, foi definida como primeira etapa da metodologia uma ampla revisão bibliográfica, de forma a contribuir para o entendimento sobre o uso de plantas ornamentais passíveis de serem empregadas em WC, considerando a eficiência necessária para o tratamento de efluentes. Foram considerados os seguintes descritores: tratamento de efluentes, *wetlands* (construídos), sistema alagados (construídos), zonas úmidas, banhados construídos, leito de raízes, fitorremediação, paisagismo, macrófitas, plantas ornamentais, e similares. A busca priorizou publicações nacionais, englobando os resultados pela sua relevância, data de publicação e relação com os descritores pesquisados.

As consultas foram realizadas nas bases de dados disponibilizadas no Portal de Periódicos Capes/MEC, biblioteca eletrônica Scielo e Google Acadêmico, além de buscas em páginas eletrônicas como do IBGE, da Agência Nacional de Águas (ANA), Igam, dentre outros. Após essas consultas foram realizadas leituras analíticas e interpretativas dos dados reportados nos livros, artigos e páginas eletrônicas, considerando ainda as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), principalmente as relacionadas com a execução e elaboração de um projeto paisagístico.

Além da etapa de revisão sobre o tema, foi realizada visita *in loco* para conhecimento do WC do EPAGRI em Agronômica/SC, e suas necessidades consideradas para elaboração do modelo de projeto paisagístico.

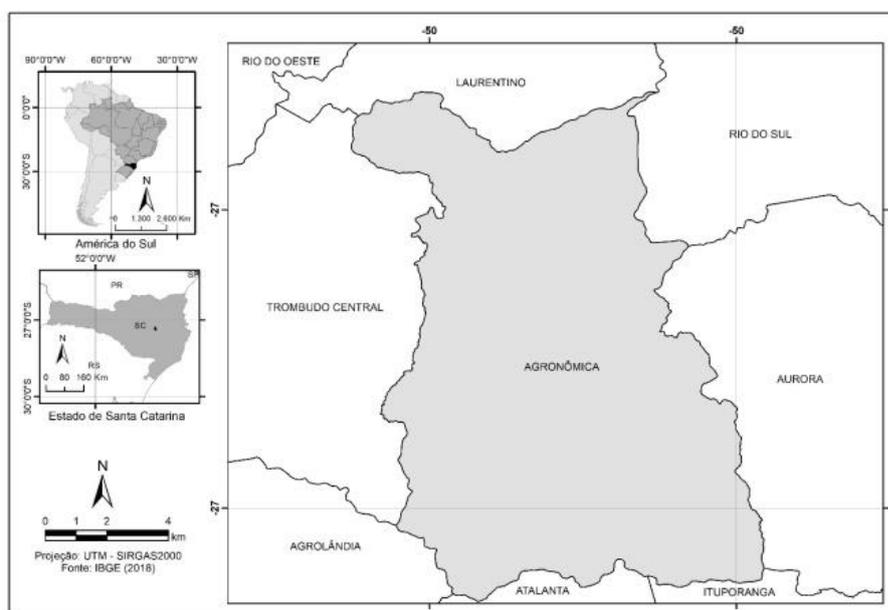
3.1 Área de Estudo

Santa Catarina é um Estado da Região Sul do Brasil, com área total de 95.985 km². O relevo e a localização são fundamentais para a definição do clima no estado, sendo que quase 70% da área do estado estão acima de 300m de altitude.

Agronômica é um município brasileiro pertencente a mesorregião do Vale do Itajaí, localizado no Estado de Santa Catarina (Figura 15), que faz divisa com os seguintes municípios: Rio do Oeste, Laurentino, Rio do Sul, Aurora, Ituporanga, Atlanta, Agrolândia e Trambudo Central. Conforme o último censo realizado pelo IBGE em 2010, o município possuía uma população composta por 4.904 habitantes, com estimativas para o ano de 2017 apontando para população em torno de 5.385 pessoas. Por ser um município com uma população inferior a 20 mil pessoas e não pertencente a uma região metropolitana,

Agronômica não tem a obrigatoriedade de possuir um Plano Diretor para promover o ordenamento do território, conforme estabelecido pelo Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

Figura 15 - Mapa de localização da área de estudo- Agronômica, SC



Fonte: IBGE, 2018

Salienta-se que somente 52,8% dos domicílios possuíam um esgotamento sanitário adequado em 2010 (IBGE, 2010). Entretanto, dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento para o ano de 2017 não apresentam a cobertura da coleta e tratamento de efluentes domésticos (SNIS, 2019).

No que se refere à análise de dados climatológicos da área de estudo, a cidade de Agronômica possui uma estação de monitoramento do EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), porém em operação há pouco tempo, possuindo poucos dados para análise. A cidade mais próxima à Agronômica com série de dados históricos completos fica em Ituporanga, localizada a 35km de distância. Ituporanga se localiza a 475 metros de altitude, fazendo parte da região do Vale do Itajaí.

A região Sul do Brasil dispõe de um clima com grandes variações de temperatura e de precipitação, por causa da sua instalação geográfica e as composições geomorfológicas. Grimm (2009) especifica o clima em Santa Catarina como mesotérmico úmido com duas subdivisões climáticas, ocasionado pela mudança de altitude e pelo aspecto maritimidade-continentalidade que faz com que no litoral e no oeste encontre clima subtropical com verões quentes e nas regiões altas de planalto predomina o clima temperado, com verão brando. Nas

cidades de Agronômica e Ituporanga encontra-se o clima subtropical mesotérmico úmido com verões quentes.

Pela análise da normal climatológica dos anos de 1985 a 2016, percebe-se que as temperaturas mais elevadas acontecem no verão, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com médias ultrapassando 29°C. Temperaturas mais baixas aconteceram no inverno, nos meses de junho, julho e agosto com média de 8 a 9°C.

Os dados de precipitações da normal climatológica, também considerando os anos de 1985 a 2016 indicam que a região de Ituporanga possui estações bem distintas e definidas, com maior ocorrência de precipitação no verão e menor no inverno. Registra-se, em média, 12 a 15 dias de chuva, por mês, no verão, contra 8 a 9 dias no inverno. Sobre a média de precipitação total, há maior precipitação registrada no mês de janeiro (aproximadamente 200mm) e menor em abril (100mm).

3.2 *Wetland* de Agronômica/SC

Na cidade de Agronômica foi implantado um WC de fluxo horizontal para o pós-tratamento de efluentes proveniente de um tanque séptico que realiza o tratamento do esgoto oriundo do CETAGRI (Centro de Treinamento de Agronômica). O CETAGRI é uma unidade pertencente à EPAGRI, tendo como principal objetivo a difusão de informações e tecnologias direcionadas para o fortalecimento da agricultura familiar, situação que contribui para a geração de efluentes domésticos, dada a ocorrência de reuniões e promoção de cursos na localidade (ROUSSO, 2014). Phillipe *et al.* (2007) indicam que o projeto do referido WC foi desenvolvido para receber o esgoto gerado por 200 pessoas (1,7 m²/pessoa). No planejamento do sistema também foi levada em consideração a contribuição de efluente industrial, proveniente de processamento de leite que acontece de forma intermitente na área do CETAGRI. São 6L de água para cada litro de leite processado no local, e, à época da concepção do projeto do sistema, eram produzidos 200L leite/dia, em 4 dias da semana, de 2^a a 5^a feira.

O WC, alvo do estudo, foi construído em 1994 e fica inserido no Centro de Treinamento de Agronômica da EPAGRI. O sistema de tratamento de esgotos da empresa EPAGRI é constituído por tanque séptico de concreto enterrado, popularmente conhecido como fossa séptica, localizado a montante do sistema (Figura 16).

Figura 16 - Tanque séptico de concreto enterrado localizado a montante do WCH em Agronômica, SC-EPAGRI



Fonte: BENNY, 2014

Após passagem pelo tanque séptico, há uma tubulação que alimenta o sistema WCH e sua zona de raízes. A orientação do efluente no WCH acontece no sentido contrário ao da entrada no tanque séptico. Perto da zona de raízes existe um poço, que serve para auxiliar na coleta de amostras do efluente tratado pelo WCH, e que auxilia na elevação do nível de saturação do sistema. A tubulação adentra a terra e dispersa o efluente purificado dentro de uma lagoa com peixes.

Desde sua implantação, foi introduzida a macrófita da espécie *Zizaniopsis gramineae*, pertencente à família *Poaceae*. Segundo dados de monitoramento obtidos do estudo realizado por Rouso (2014), o WC tem apresentado uma alta resiliência e uma boa capacidade de remoção, já que retira mais de 85% da matéria orgânica e 80-98% dos nutrientes presentes no efluente que entra no sistema. Ainda segundo o autor, trata-se de um WC horizontal com uma zona de entrada e saída. Apesar da resiliência e remoção, o sistema não prima pela estética, e sua manutenção se mostra deficiente.

O dimensionamento e caracterização do sistema de WC do presente estudo é apresentado no Quadro 4, tendo sido consideradas normas técnicas de tanque séptico vigentes (ABNT- NBR 7229/1993), apesar de não específicas para WC. Na Figura 17 pode-se observar o corte longitudinal do sistema.

Quadro 4 - Dimensionamento do WC em Agronômica, SC- EPAGRI

Informações	Descrições
Início de operação	13 de janeiro de 1994

Informações	Descrições
Dimensionamento	200 pessoas
Área Total considerada	340m ²
Comprimento total	26 metros
Largura	13 metros
Macrófita utilizada	<i>Poaceae (Gramineae)</i>
Profundidade da lâmina de esgoto	0,60 metros
Profundidade total	2,1 metros
Profundidade útil	1,7 metros
Volume útil do tanque séptico	13,6 m ³
Material filtrante	Areia, feno de arroz e argila

Fonte: PHILLIPE; SEZERINO, 1999

Figura 17 - Corte longitudinal com o dimensionamento e composições do WC em Agrônômica, SC-EPAGRI



Fonte: ROUSSO, 2014

A designação do material filtrante foi realizada de acordo com capacidade de infiltração do solo, que foi mensurada por meio da metodologia dos cilíndricos concêntricos, seguindo a NBR 7229/82. Valendo-se da Lei de Darcy ($Q = kf \times J \times A$), resultou em uma vazão igual a 0,08m³/d, que se caracteriza em um volume de infiltração insatisfatório para o solo, que pode acarretar, por exemplo, em problemas na drenagem do sistema. Por isso, foi fundamental a reposição do solo original por uma base filtrante que ampare a condutividade hidráulica do sistema (PHILLIPI *et al.*, 2007).

O Quadro 5 apresenta os 3 materiais filtrantes utilizado com seus coeficientes de permeabilidade.

Quadro 5 - Coeficiente de permeabilidade do material filtrante do WC em Agronômica, SC- EPAGRI

Material Filtrante	Coefficiente de Permeabilidade (kf)
Saibro	$1,0 \times 10^{-2}$
Areia	$1,0 \times 10^{-3}$
Casca de arroz	$4,0 \times 10^{-3}$

Fonte: PHILLIPI *et al.*, 2007

Dos materiais verificados foi considerado o maior kf dos materiais utilizados (casca de arroz), gerando uma vazão igual a $26,96\text{m}^3/\text{d}$, que melhor corresponde à vazão gerada no EPAGRI.

Em outubro de 2019, foi feita uma visita *in loco* ao EPAGRI, que possibilitou conhecer e verificar as condições atuais do WC. Na Figura 18 pode-se observar como era a situação do sistema em 2014 e, na Figura 19, pode-se observar a realidade encontrada no sistema WCH durante a visita. Evidencia-se a presença de escoamento superficial decorrente do processo de colmatção, pela elevação da quantidade de detritos no leito filtrante com escoamento superficial para fora do sistema (Figura 20). Na Figura 21 observa-se o local de entrada do afluente no sistema WC.

Figura 18 - Imagem do controlador de nível e do WC de Agronômica- SC, no ano de 2014



Fonte: UFSC, 2014

Figura 19 - Estado atual do WC em Agronômica, SC- EPAGRI



Fonte: Acervo da autora, 2019

Figura 20 - Escoamento superficial no sistema e colmatação do WC em Agronômica, SC- EPAGRI



Fonte: Acervo da autora, 2019

Figura 21 - Entrada do afluente no sistema WC em Agronômica, SC- EPAGRI



Fonte: Acervo da autora, 2019

Percebe-se também a importância da escolha adequada do material suporte filtrante nesse tipo de tratamento, pois o uso de um material com granulometria e condutividade hidráulica ineficaz pode ocasionar na perda da capacidade de infiltração, propiciando assim o processo de colmatção que pode comprometer a eficiência do sistema WC.

Considerando a situação atual do sistema, reforça-se a necessidade de constante manutenção, tendo em vista que o extravasamento do efluente para fora do módulo acarreta a poluição do entorno.

3.3 Etapas de Elaboração do Projeto Paisagístico

Para expressar as ideias contempladas para um projeto paisagístico, é necessária a representação gráfica em forma de desenhos, sejam em formato digital por meio de *softwares* específicos e/ou desenhos a mão livre, que podem ser completados com informações escritas para auxiliar na execução do projeto.

De acordo com os preceitos da norma da ABNT, NBR 13532/1995, inicialmente foi realizado o estudo preliminar, por meio da visita *in loco* realizada, para conhecer o espaço onde será implantado o projeto paisagístico. Nesta etapa foram coletadas informações sobre o

local, considerando registros fotográficos, dimensões da área, localização, vegetação existente, necessidades do usuário e objetivo do projeto a ser desenvolvido. A etapa seguinte, chamada de anteprojeto, consistiu do dimensionamento da área de uso, representação da localização dos pontos de irrigação, harmonização dos espaços verdes a serem construídos, divisões da área total em pequenos espaços com o intuito de gerar ambientes diferentes em um mesmo espaço, atendendo as necessidades do local. Concluindo o projeto paisagístico foi feita a representação com planta baixa e detalhamentos, memoriais descritivos e quantitativos com as especificações botânicas contendo informações essenciais para a implantação.

Indicadas as etapas gerais de concepção do projeto paisagístico, cabe aqui destacar que o presente projeto foi proposto visando a sustentabilidade e o baixo custo para sua construção, com o intuito de se tornar um modelo para área, objeto de contemplação paisagística e tratamento de efluentes de fácil replicabilidade tanto em zona rural quanto áreas urbanas.

Como ferramenta útil para implementação e incentivo para replicação do projeto paisagístico, considerando as particularidades das demais localidades, foi confeccionada uma maquete virtual 3D, produto deste trabalho.

Em um primeiro momento, foi realizada a criação da maquete em formato 2D no programa Autocad®, sendo criados os formatos e os dimensionamentos necessários. Em seguida foi realizada a importação do modelo 2D, feito no Autocad®, para o modelo 3D empregando o SketchUP®. A última etapa consistiu da renderização fotorealista, sendo utilizado o programa Lumion®, que permite a simulação de transparências, luz natural e artificial, replicando a natureza de detalhes do cenário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da revisão bibliográfica estão compilados e discutidos no item 4.1. Em seguida, apresenta-se a proposta de projeto paisagístico, englobando tanto os conhecimentos reunidos pela revisão quanto da avaliação *in loco* realizada no WC de Agrônômica.

4.1 Macrófitas em WC

As macrófitas em WC, além do poder de remoção de poluentes também tem o poder de amenizar o odor, que é um grande causador de rejeição das ETE's. Em seus estudos,

Schirmer *et al.* (2010) fizeram um experimento em uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETEZR) em um município rural. Nesse estudo analisaram dados olfométricos, obtidos por meio do método butanol (ou método da escala estática), que nivelam os odores de acordo com amostras de referência. Os resultados constataram que o efluente tratado da ETEZR continuava transmitindo odor; porém, sua intensidade foi diminuída, constatando assim a ação das macrófitas para redução do odor em sistemas de tratamento.

Segundo Sandoval *et al.* (2019) os gêneros que são mais utilizados para o tratamento da água são: *Canna* spp., *Iris* spp., *Heliconia* spp., *Zantedeschia* spp. Dos quais, a espécie *Canna indica* é usada em todos os continentes, com mais frequentemente na Ásia.

Em Portugal, estudo realizado por Calheiros *et al.* (2015), utilizou cinco espécies de plantas ornamentais em WC, *Canna flaccida*, *Zantedeschia aethiopica*, *Canna indica*, *Agapanthus africanus* e *Watsonia borbonica*. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que as plantas selecionadas, além de contribuírem para a remoção de substâncias poluentes e bactérias, também forneceram condições favoráveis para a biodiversidade, além da geração de benefícios estéticos na configuração do sistema.

Em âmbito nacional, o direcionamento de pesquisas voltadas para os aspectos paisagísticos e ornamentais dos WC são reportados, tais como os estudos realizados por Zanella (2008), que constatou o sucesso da aplicação de espécies ornamentais como: *Zantedeschia aethiopica*, *Cyperus papyrus*, *Alpinia purpurata*, *Zingiber spectabile*, *Neomarica caerulea* e *Canna x generalis*.

Devido aos índices satisfatórios de remoção (Tabela 1) de poluentes encontrados em diversas literaturas, além de sua adaptabilidade aos diversos climas e por agregar valor ornamental aos sistemas de WC, optou-se por focar nas seguintes espécies de macrófitas: *Typha* spp., *Cyperus giganteus*, *Canna indica*, *Canna glauca* e *Cymbopogon citratus*.

Tabela 1 - Eficiência de remoção das macrófitas, indicadas em trabalhos científicos

Macrófitas	Material Suporte	% Remoção					Referências
		DBO	DQO	SST	NT	PT	
<i>Canna x generalis</i>	Brita e areia	-	96	-	57	-	ANDRADE (2012)
<i>Canna x generalis</i>	Brita	-	73	95	19	23	KONNERUP <i>et al.</i> (2009)
<i>Typha</i> spp. <i>Canna glauca</i> e <i>Eichhornia crassipes</i>	Brita nº 2	97	-	6,4	43	-	SANTOS e BARCELOS (2015)
(-) não avaliado							

Fonte: Elaborado pela autora

Sobre a *Canna x generalis*, tanto nos estudos publicados por Andrade (2012) quanto por Konnerup *et al.* (2009) foram obtidos elevados índices de remoção para DQO. Porém, no estudo de Andrade, a *Canna x generalis* obteve melhor resultado para remoção de NT. Konnerup e colaboradores relataram redução de 95% para SST. Os autores de ambos os estudos concluíram pelo resultado positivo de adoção da referida espécie para os sistemas de WC.

Santos e Barcelos (2015) fizeram um estudo em escala piloto de um WC usando britas nº 2 e as macrófitas *Typha sp.*, *Canna Glauca* e *Eichhornia crassipes*. Apesar do curto período de monitoramento, o estudo indicou eficiência de remoção satisfatória para sólidos dissolvidos totais, matéria orgânica e nutrientes.

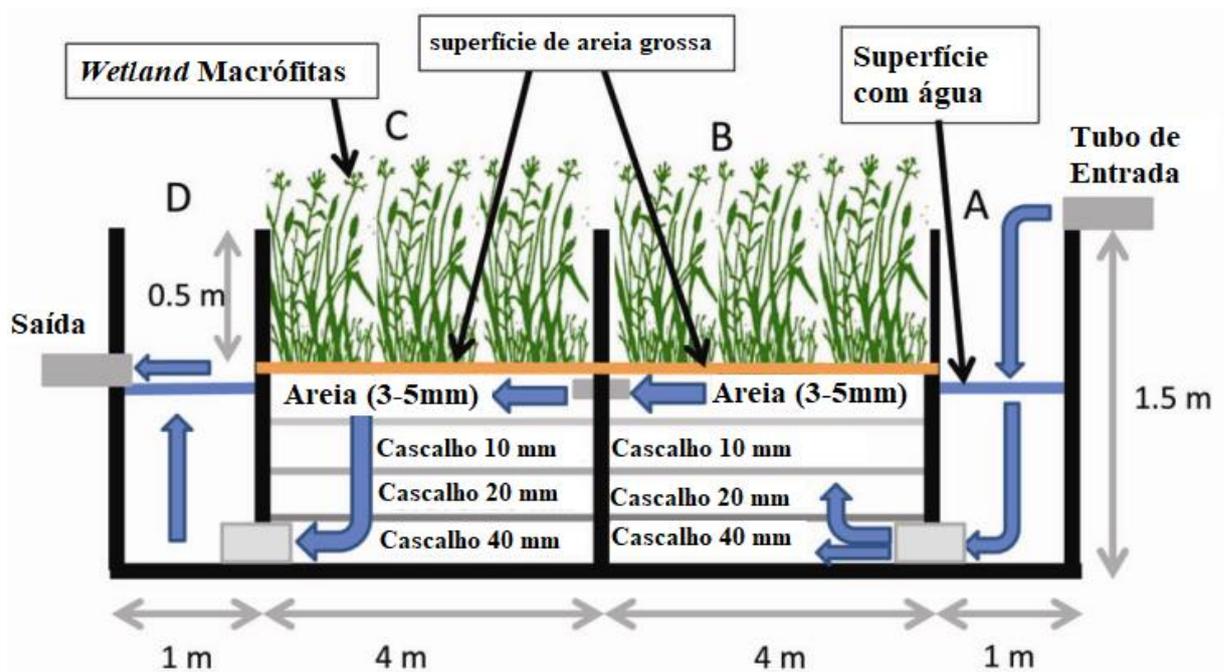
Os autores Costa *et al.* (2018) fizeram testes em escala piloto em um WC de fluxo horizontal para o pós-tratamento de efluente doméstico por reator UASB, em Belo Horizonte, por um período de 4 anos. O material suporte usado foi a escória de aço, contemplando dois modelos distintos: no primeiro plantado a macrófitas *Typha latifolia* e, no segundo, sem vegetação. Os resultados para o efluente tratado indicaram boa qualidade em termos de matéria orgânica e de SST, porém pequena capacidade de extração de nitrogênio. Os valores encontrados para o sistema plantado e não plantado foram, respectivamente de, DBO 25 e 23 mg.L⁻¹; DQO 50 e 55 mg.L⁻¹; SST: 10 e 8 mg.L⁻¹; nitrogênio total: 30 e 31 mg.L⁻¹; e nitrogênio amoniacal: 27 e 28 mg.L⁻¹. Apesar de o sistema atender os padrões de lançamento de águas do estado de Minas Gerais, não obteve grandes diferenças entre o sistema plantado e o não plantado.

Sanchez (2016) avaliou em escala piloto o desempenho da *Typha domingensis* para tratar efluente sanitário com a condicionante do clima subtropical no sul do Brasil, no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O sistema foi composto por um tanque séptico, um tanque elevado, tanque equalizador, estação de bombeamento e dois tipos de arranjos, sendo o primeiro arranjo composto por um WC de fluxo vertical com fundo saturado (WCVD-FS), seguido do segundo arranjo composto por dois WC sendo o primeiro de fluxo vertical e outro WC de fluxo horizontal (WCH). Em seus estudos, Sanchez analisou o sistema como unidades de tratamento separadas. O WCH obteve como resultados de remoção 57% de DQO, 57% de N-NH₄⁺, 58% de SS, 54% de NT e 81% de P-PO₄³⁻. O segundo arranjo WCVD-FS obteve os seguintes resultados de remoção 93% de DQO, 81% de NNH₄⁺, 98%

de SS, 67% de NT e 96% de $P-PO_4^{3-}$, indicando boa capacidade de remoção nos dois arranjos, principalmente se tratando do nitrogênio.

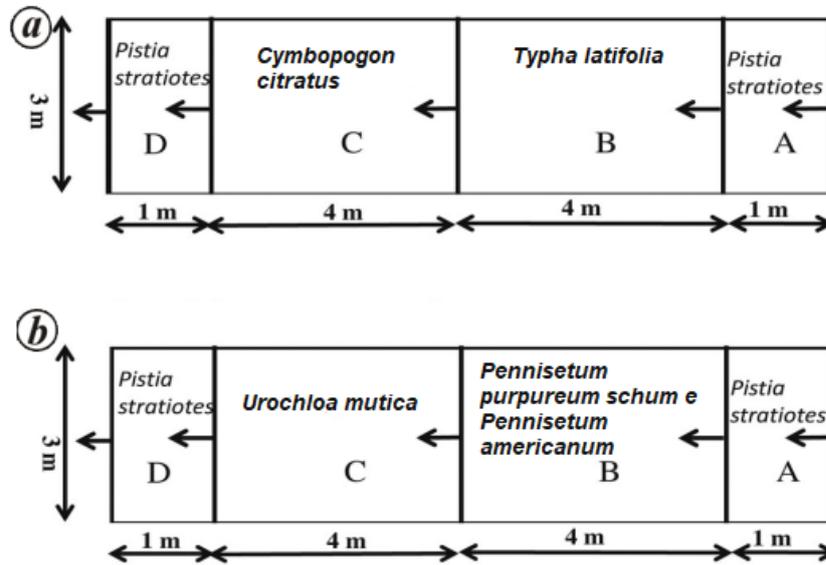
Em estudo realizado por Tilak *et al.* (2016), na Índia, foram feitos dois WC de fluxo horizontal em escala piloto com combinações diferentes de macrófitas. Os dois WC (a e b) são divididos em 4 tanques (A a D), conforme Figura 22. Os tanques (B e C) possuem areia de calibre grosso (3-5mm) e cascalho de tamanho diversos (40 mm, 20mm e 10mm), essa camada de areia e cascalho tem o tamanho total de 1m. No WC(a) foram usadas as seguintes macrófitas: *Pistia stratiotes*, *Typha latifoli*, *Cymbopogon citratus*, no WC(b) foram usados: *Pistia stratiotes*, *Pennisetum purpureum schum*, *Pennisetum americanum* e *Urochloa mutica*. A Figura 23 representa o dimensionamento de cada tanque e quais macrófitas foram utilizadas e sua ordem no sistema, o sentido das setas representa o fluxo pelo qual o efluente passa dentro do sistema.

Figura 22 - Corte transversal do WC de Tilak *et al.*, 2016



Fonte: Tilak *et al.*, 2016

Figura 23 – WC feitos em escala piloto por Tilak *et al.*, 2016



Fonte: Tilak *et al.*, 2016

Neste estudo, os autores estabeleceram como objetivos a avaliação da eficiência considerando diferentes taxas de carga hidráulica e tempo de retenção hidráulico, para mensurar a absorção de nitrogênio e fósforo das 5 macrófitas estudadas. Os dois WC (a e b) foram abastecidos com efluente doméstico de uma colônia residencial. Primeiramente o efluente passava por um tanque de decantação e, em seguida, para o WC. Os autores monitoraram os parâmetros DBO, SST, nitrogênio e fósforo total em um ciclo de três meses (janeiro a março). Os resultados obtidos para remoção dos referidos parâmetros foram, respectivamente, de: WC(a) 42%, 74%, 39% e 41%, WC(b) 34%, 82%, 14% e 35%. O WC(a) se destacou na remoção de DBO, remoção nitrogênio total e fósforo total comparando com o WC(b). Os resultados indicaram que em ambos sistemas (a e b), independentemente do tipo de espécie de macrófitas utilizadas, em relação aos SST tiveram resultados semelhantes. Com os resultados positivos confirma-se a eficiência de remoção das espécies selecionadas para o estudo em tratamento de águas residuária.

Zurita *et al.* (2009) fizeram um estudo incluindo apenas macrófitas que possuem valor ornamental, quais sejam: *Zantedeschia aethiopica*, *Strelitzia reginae*, *Anturium andreaeanum* e *Agapanthus africanus*, com o objetivo de avaliar o índice de remoção dessas macrófitas em contato com efluente doméstico, além de avaliar se é viável gerar flores para comercialização, sem prejudicar a eficiência do sistema WC. Foram estudados dois tipos de configurações: WC de fluxo vertical (WCFV) e de fluxo horizontal (WCFH). No estudo foi observado que o

emprego da policultura de macrófitas em WC gera uma divisão mais efetiva das raízes, acarretando em um local mais apropriado para a evolução de algumas comunidades microbianas, além de impedir o acesso do efluente pelas raízes, aumentando o tempo de detenção hidráulica (TDH) e em consequência a competência de retenção, garantindo assim a eficácia do sistema em diferentes estações do ano. Como resultado, além da eficiência de remoção de 80% DBO, 72,2% para NH_4^+ e 50% para P total, os autores constataram que a planta *Zantedeschia aethiopica* produziu mais flores e sua aparência estava mais saudável no sistema WCFH. Tratando-se do WCFV a planta *Anturium andreanum* sucumbiu durante o inverno, a *Strelitzia reginae* desenvolveu flores mais vigorosas e maiores e *Agapanthus africanus* desenvolveu flores mais fortes e saudáveis, indicando a viabilidade em se produzir flores ornamentais com valor comercial em WC.

Para a manutenção da eficiência dos sistemas de WC, importante ressaltar que a retirada das podas e das folhas mortas é primordial para que não aconteça a deterioração das macrófitas, e para que os nutrientes removidos pelas macrófitas não retornem novamente ao sistema (CUNHA, 2006; VALENTIM, 2003; KLETECKE, 2011). No ciclo de desenvolvimento das macrófitas, a sua floração é a fase em que acontece uma melhor remoção do fósforo. O corte das plantas, quando feito frequentemente, pode exercer uma extração de 20 a 30% de fósforo. As macrófitas possuem uma limitação na extração de fósforo, não passando de 50-70% do fósforo ofertado no efluente. Portanto, a ferramenta de extração sustentável do fósforo nos WC é feita com a associação do fósforo na biomassa das macrófitas e sua administração regular por meio das colheitas e/ou podas constantes (KLETECKE, 2011, KADLEC; KNIGHT, 1996).

Valentim (2003) tratou efluentes domésticos e sanitários da Faculdade de Engenharia Agrícola em Campinas em sistema composto por um Tanque Séptico Modificado (TSM) como solução para o tratamento primário e seguido por seis WCFH com a função de pós-tratamento, objetivando avaliar o comportamento das macrófitas e analisar a carência de poda constante. O TSM foi projetado para ficar em cima do solo e composto por uma caixa d'água de 1000L, seguido de duas caixas d'água de 500L. Os seis WCFH foram construídos em alvenaria com proteção interna impermeável, sendo que os tanques de três WCFH tinham dimensão de 2x2m e os outros três WCFH, de 4x1m. O substrato usado foi brita nº2 e as macrófitas utilizadas foram *Typha* spp., *Eleocharis* spp. e *Scirpus* spp.

Em momento inicial não foram realizadas podas no sistema, sendo observado que as folhas secas que foram morrendo com o tempo e ficaram depositadas sobre o sistema,

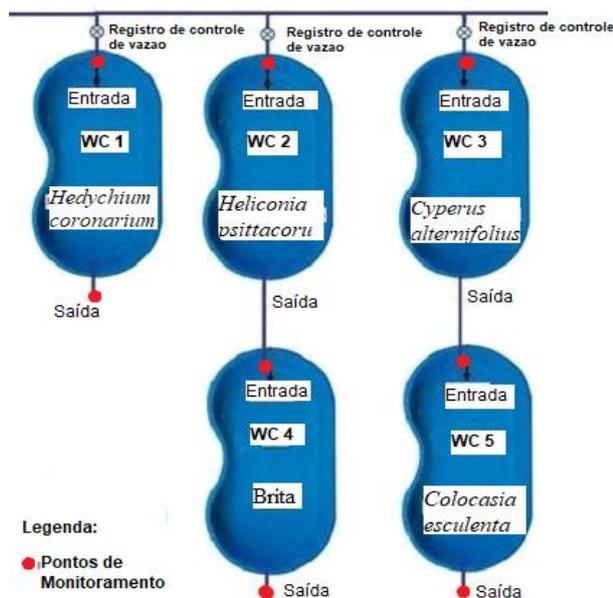
provocaram a morte de novos brotos, comprometendo assim a eficiência do sistema e sendo necessário substituir algumas macrófitas de *Typha* spp. por nova mudas. A primeira forma de podar o sistema foi a retirada manual das folhas secas, método que se mostrou exaustivo e que acabou arrancando junto com as folhas secas os brotos novos que nasciam no sistema. Após 1 ano e 7 meses foi realizado a primeira poda total do sistema, o material utilizado foi uma foice de cortar arroz e mostrou-se mais rápido do que o método manual, depois de 2 meses do corte total das plantas o autor observou a *Scirpus* spp tinha florido, a *Typha* spp estava começando a brotar o pendão (local que brotam as flores) e a *Eleocharis* spp ainda não possuía flor. Porém, todas as plantas tinham um verde muito forte, o que indica uma boa absorção de nitrogênio pela planta. Passados 6 meses do corte o sistema já apresentava muitas folhas secas que estavam começando a prejudicar o surgimento de novos brotos. Após 10 meses da primeira poda, observou-se que as folhas secas existentes no sistema e o nascimento de ervas-daninhas impediam o surgimento de novos brotos e o crescimento de plantas jovens. A partir daí foram feitas mais 5 podas totais, todas com roçadeira, o que garantiu um corte mais rente e preciso, concluindo que de todos os instrumentos utilizados para poda do sistema, o que mais favoreceu o desenvolvimento das macrófitas foi o uso de roçadeiras. Concluiu-se também que é essencial para o rendimento do sistema de WC a realização de podas regulares das macrófitas, sempre após sua época de floração e em épocas chuvosas, pois assim a planta consegue um melhor desempenho devido a sua melhor absorção de nitrogênio e fósforo.

Ao longo de sua pesquisa Valentim também observou a presença de diferentes tipos de roedores, pássaros com ninhos, além da presença constante de insetos (formigas, aranhas e abelhas) e a presença de anfíbios no Tanque Séptico e nas tubulações do controlador de vazão. Vale ressaltar que é comum a presença de insetos e anfíbios em sistemas WC, devido à elevada carga de nutrientes presentes no efluente e por estar em área alagada. Para o sistema a presença de anfíbios e alguns insetos não são prejudiciais, porém se torna um problema quando surgem as pragas biológicas, pois são nocivas para as culturas e acabam interferindo no equilíbrio do ecossistema podendo causar a morte das macrófitas, afetando a eficiência de remoção do sistema. Apesar das pragas serem um problema em sistemas com vegetação, uma solução possível de uso, porém que deve ser estudada mais a fundo é o uso do controle biológico como fungos em manejo aéreo nas plantas, para controlar as pragas e não afetar o sistema e sua eficiência de remoção.

Em Campinas, Kletecke (2011) analisou a eficiência de remoção de efluentes domésticos e sanitários da Faculdade de Engenharia Agrícola, onde o clima é caracterizado

como mesotérmico com verões quentes e estação seca. Foram analisados cinco WCFH construídos em piscinas de fibra com formato de feijão (Figura 24), utilizando brita nº1 até 45 cm da altura como material suporte.

Figura 24 - Esquema de disposição dos WCFH de Kletecke, 2011



Fonte: KLETECKE, 2011

Foram analisadas as eficiências das macrófitas *Hedychium coronarium* (WC1), *Heliconia psittacorum* (WC2), *Cyperus alternifolius* (WC3) e *Colocasia esculenta* (WC5), que foram escolhidas devido ao poder de remoção de poluentes e valor ornamental. Foi usado também um leito de controle sem macrófitas (WC4), apenas com brita. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos na pesquisa.

Tabela 2 - Resultados de eficiência de remoção em WCs obtidos por Kletecke, 2011

Parâmetros	<i>Hedychium coronarium</i> (WC1)	<i>Heliconia psittacorum</i> (WC2)	<i>Cyperus alternifolius</i> (WC3)	<i>Colocasia esculenta</i> (WC5)
% de Retenção de fósforo AP*	9,1	11,7	10,9	9,2
% de Retenção de fósforo DP**	-3,5	0,1	-6,8	5,5
% de Remoção de nitrogênio amoniacal AP*	19,7	19,4	11,7	16
% de Remoção de nitrogênio amoniacal DP**	2,6	-0,6	-0,5	5,9
% de Remoção de DQO AP*	22,2	39,7	34,2	7,7
% de Remoção de DQO DP**	37	38,3	32,4	-4,4

AP: Antes da poda
DP: Depois da poda

Fonte: KLETECKE, 2011

Analisando os resultados, no que se refere ao parâmetro fósforo total, o leito que obteve melhor eficiência de remoção Antes da Poda foi o WC2, depois o WC3 com pouca divergência entre eles. No período Depois da Poda o WC5 foi o mais eficaz e o leito WC2 manifestou competência próximo à zero. O WC4 (composto apenas por brita) apresentou adições de fósforo total ao sistema. Sobre a remoção de nitrogênio amoniacal, no período AP o WC1 foi o mais eficaz, seguido pelo WC2. No período DP o WC5 foi o mais eficaz, seguido do WC1. O WC2 e WC3 demonstraram acréscimo. Se tratando da remoção de DQO, AP o índice foi melhor no WC2, seguido pelo WC3. No período DP o WC2 também demonstrou melhor eficiência de remoção, no entanto o WC1 passou a ser 2º mais eficaz seguido pelo WC3. Já o WC5 demonstrou acréscimo de DQO ao sistema. O WC4 apresentou uma boa remoção no período avaliado.

Em síntese, *Heliconia psittacorm* teve uma maior extração de fósforo e da DQO; a espécie *Hedychium coronarium* alcançou o melhor resultado em relação à extração de nitrogênio amoniacal. Na pós poda, a *Colocasia esculenta* se destacou em relação à extração de fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Calijuri *et.al* (2009) avaliaram o comportamento de quatro unidades pilotos de WCFH na remoção de sólidos, nutrientes, matéria orgânica e coliformes durante o período de 19 meses. Os WCFH atuaram como tratamento secundário no pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, com emprego das macrófitas *Typha* e *Brachiaria*. Foram construídos 4 WCFH em alvenaria e como meio suporte foi utilizado brita 0 e 1. Em um primeiro momento foi feita uma análise das temperaturas nos períodos quentes (outubro a abril) e nos períodos frios (maio a setembro). E em um segundo momento foi feito o estudo da eficiência de remoção de P total nesses períodos. A remoção de sólidos e matéria orgânica do sistema se mostrou elevada e constante, com índices médios de remoção de: 70% SST, 80% DBO e 60% DQO. As macrófitas *Typha* e *Brachiaria* tiveram seu ápice de desenvolvimento em períodos de maior intensidade solar, melhorando assim sua ação fotossintética. Nos períodos mais quentes também registrou-se crescimento mais acentuado das atividades microbianas coincidindo com o melhor índice de remoção de fósforo nesses períodos quentes.

Após consolidadas diferentes pesquisas, observou-se resultados relacionando, principalmente, as macrófitas às remoções de matéria orgânica e nutrientes, sendo insuficientes as informações sobre o desenvolvimento da planta, principalmente de macrófitas ornamentais em WC e seu índice de remoção.

Mesmo com a lacuna indicada, os estudos referenciados indicaram resultados satisfatórios sobre o emprego das macrófitas selecionadas. Após esta definição, foi realizado o projeto paisagístico para um WCH, apresentado a seguir.

4.2 Elaboração do Projeto Paisagístico

Para o desenvolvimento do projeto, os critérios definidos para seleção das plantas foram o de possuir qualidade ornamental e/ou possibilitar a melhora da qualidade da água residuária em WC. Para isso foram selecionadas as espécies *Canna glauca* L., *Canna indica* L., *Cyperus giganteus* Vahl, *Cymbopogon citratus* Stapf e *Typha latifolia* L. No Quadro 6 estão indicados o motivo, a disposição e função das macrófitas no sistema.

Quadro 6 – Disposição e função das macrófitas no projeto paisagístico proposto

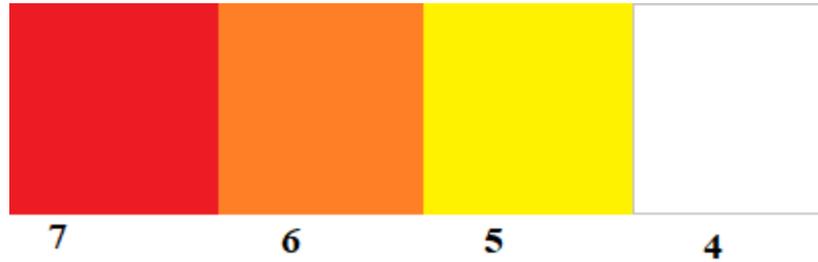
Nº	Macrófita	Motivo do uso no projeto
1	<i>Typha latifolia</i> L.	Utilizada apenas no início do sistema, devido ao seu alto poder de remoção. Não agrega valor ornamental
2	<i>Cymbopogon citratus</i> Vahl	Usado apenas nas laterais, com o intuito de repelir insetos, além da remoção. Não necessariamente agrega valor ornamental
3	<i>Cyperus giganteus</i> Stapf	Valor ornamental e alto índice de remoção, usado no início do sistema
4	<i>Canna indica</i> L.- Branca	Valor ornamental e remoção
5	<i>Canna glauca</i> L.- Amarelo	Valor ornamental e remoção
6	<i>Canna indica</i> L.- Laranja	Valor ornamental e remoção
7	<i>Canna indica</i> L.- Vermelho	Valor ornamental e remoção

Fonte: Elaborado pela Autora, 2020

Além da eficiência de remoção de poluentes e quesitos que atendam o aspecto ornamental, determinantes para a escolha das macrófitas, a indicação de presença de diversas espécies de pássaros, insetos e de anfíbios nas tubulações do sistema avaliado por Valentim (2003) é positiva, indicando equilíbrio no ambiente. O uso da *Cymbopogon citratus*, que atua como repelente natural se fez necessário no projeto paisagístico para evitar a manifestação de pragas biológicas, o que pode comprometer a vida útil do sistema.

Como reportado anteriormente, na elaboração de um projeto paisagístico o emprego e escolha das cores têm o poder de atuar sobre os sentidos humanos. Por isso, também considerou-se a paleta de cores quentes na seleção das espécies, para remeter ao usuário sensação de alegria, calor e descontração (Figura 25).

Figura 25-Paleta de cores quentes usado no projeto paisagístico para composição de cores



Fonte: Elaborado pela autora, 2020

Após a escolha das macrófitas foi estudada a disposição de plantio que seria adequada ao sistema. De acordo com Von Sperling e Sezerino (2018), é indicado quatro mudas por m^2 , porém, optou-se, no presente projeto, por colocar um espaçamento maior entre as mudas para diminuir a manutenção do sistema (como sugestão, já que nesse trabalho não foi realizado teste em escala piloto para verificar se a eficiência do sistema permanecerá), pensando no rápido crescimento das raízes, como relatado em alguns trabalhos. Importante ressaltar que esse crescimento varia de acordo com a espécie e condições locais. Sendo assim, foram projetadas duas mudas por m^2 uma a cada 0,50m nas linhas laterais (largura do banhado) e de 0,5 m nas linhas longitudinais (comprimento do banhado) (Figura 26).

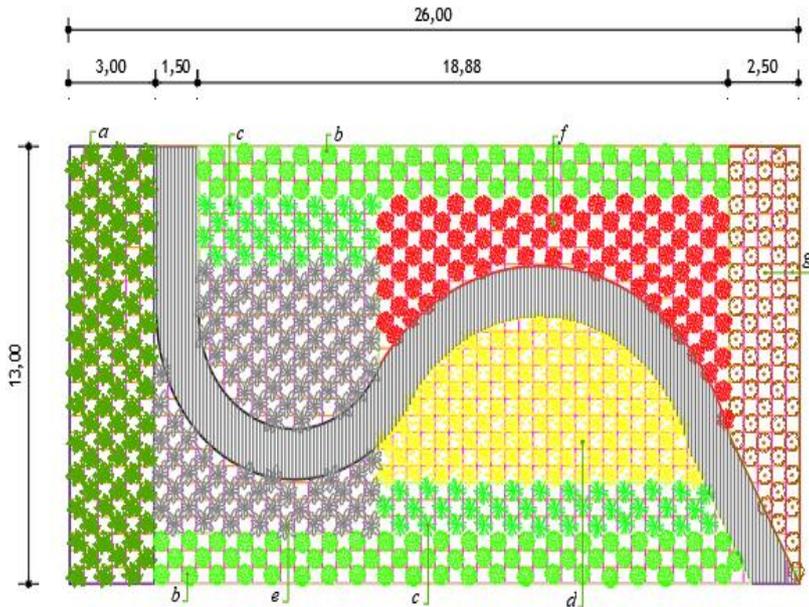
Figura 26 - Disposição de plantio das mudas no projeto paisagístico proposto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020

Devido à beleza e senso estético do grande mestre do paisagismo Burle Marx este trabalho foi livremente inspirado em suas curvas, formas, cores, como pode ser observado na planta baixa do projeto (Figura 27). O projeto detalhado é apresentado no apêndice.

Figura 27 - Projeto paisagístico proposto



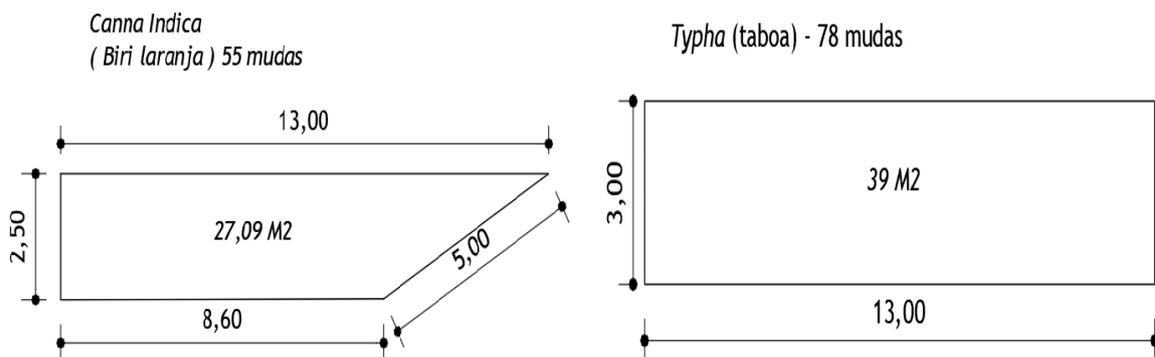
LEGENDA				
Detalhe	Espécie/ Descritor	Nome Popular	Total de mudas	Símbolo
a	<i>Typha latifolia</i> L.	Taboa	78	
b	<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf	Citronela	119	
c	<i>Cyperus giganteus</i> Vahl	Papiro	63	
d	<i>Canna glauca</i> L.	Biri (amarela)	84	
e	<i>Canna indica</i> L.	Biri (branca)	92	
f	<i>Canna indica</i> L.	Biri (vermelha)	80	
g	<i>Canna indica</i> L.	Biri (laranja)	55	

PLANTA BAIXA - Projeto Paisagístico

Fonte: Elaborado pela autora, 2020- software Autocad®

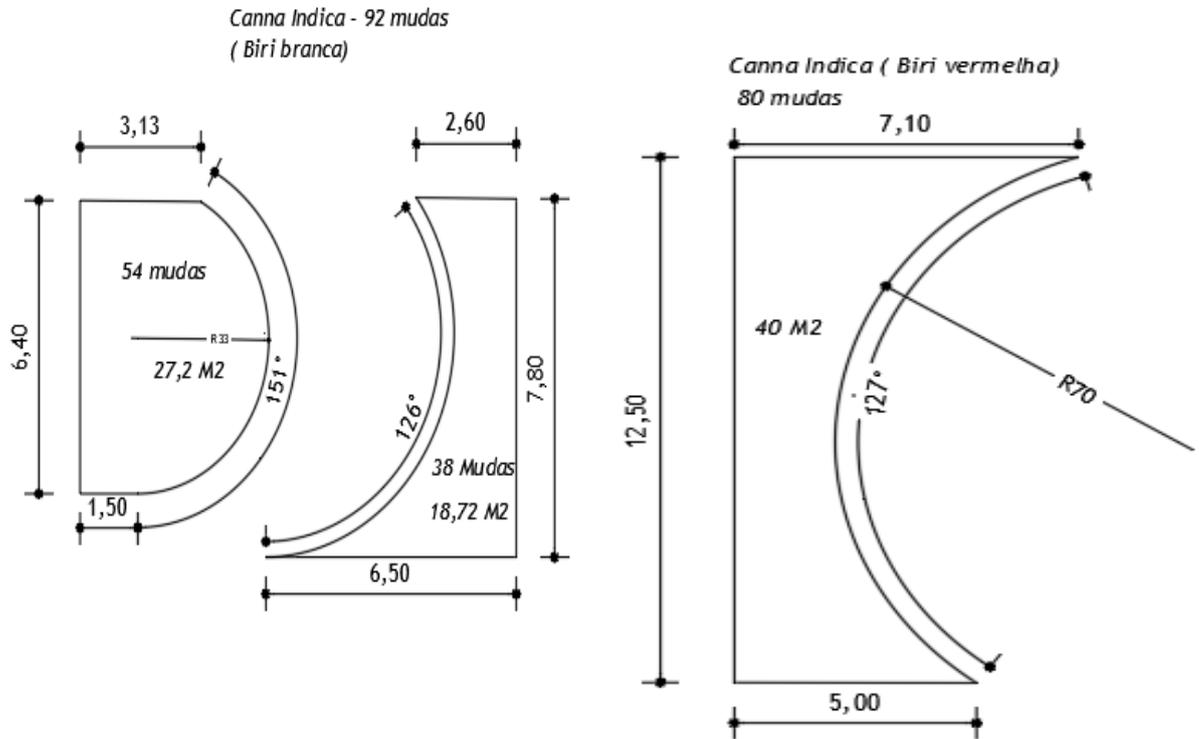
Nas Figuras 28, 29, 30 e 31 indica-se o detalhamento e dimensionamento de cada canteiro, considerando a aplicação das diferentes macrófitas, pelo emprego dos softwares Sketch Up® e Lumion®.

Figura 28 - Desenho técnico canteiro *Canna indica* L. na cor laranja e *Typha latifolia* L.



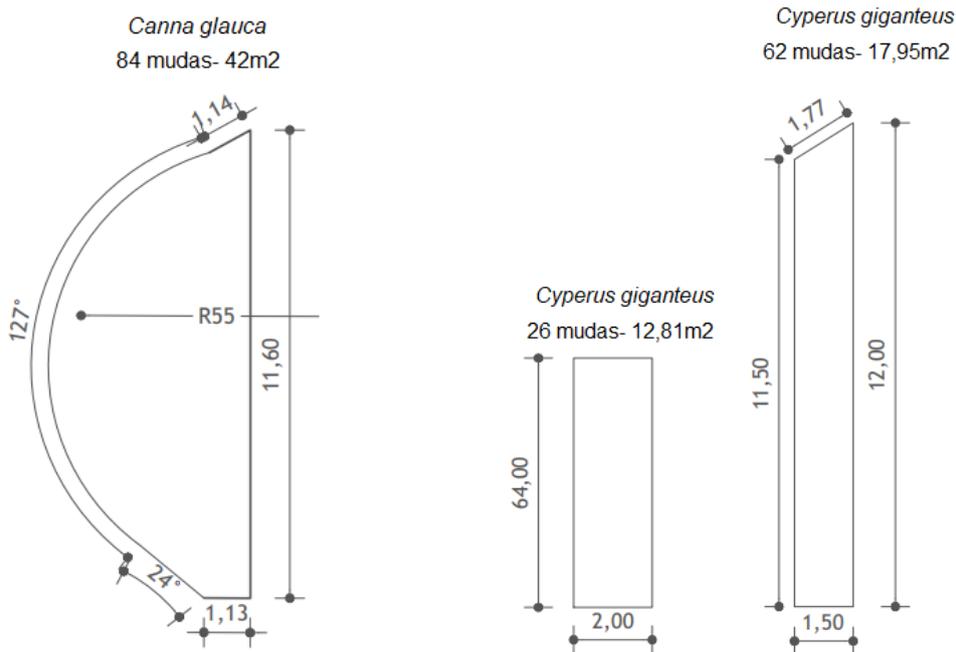
Fonte: Elaborado pela autora, 2020- software Autocad®

Figura 29 - Desenho técnico canteiro *Canna indica* L. nas cores branca e vermelha



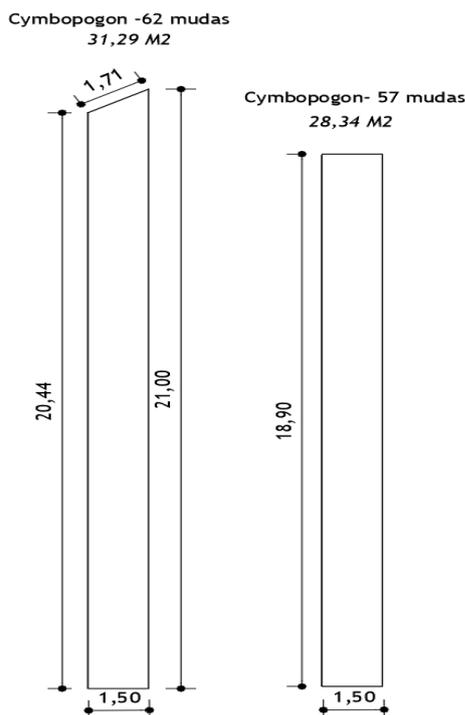
Fonte: Elaborado pela autora, 2020- software Autocad®

Figura 30 - Desenho técnico canteiro *Canna glauca* L. e *Cyperus giganteus* Vahl



Fonte: Elaborado pela autora, 2020- software Autocad®

Figura 31 - Desenho técnico canteiro *Cymbopogon citratus* Stapf



Fonte: Elaborado pela autora,2020- *software* Autocad®

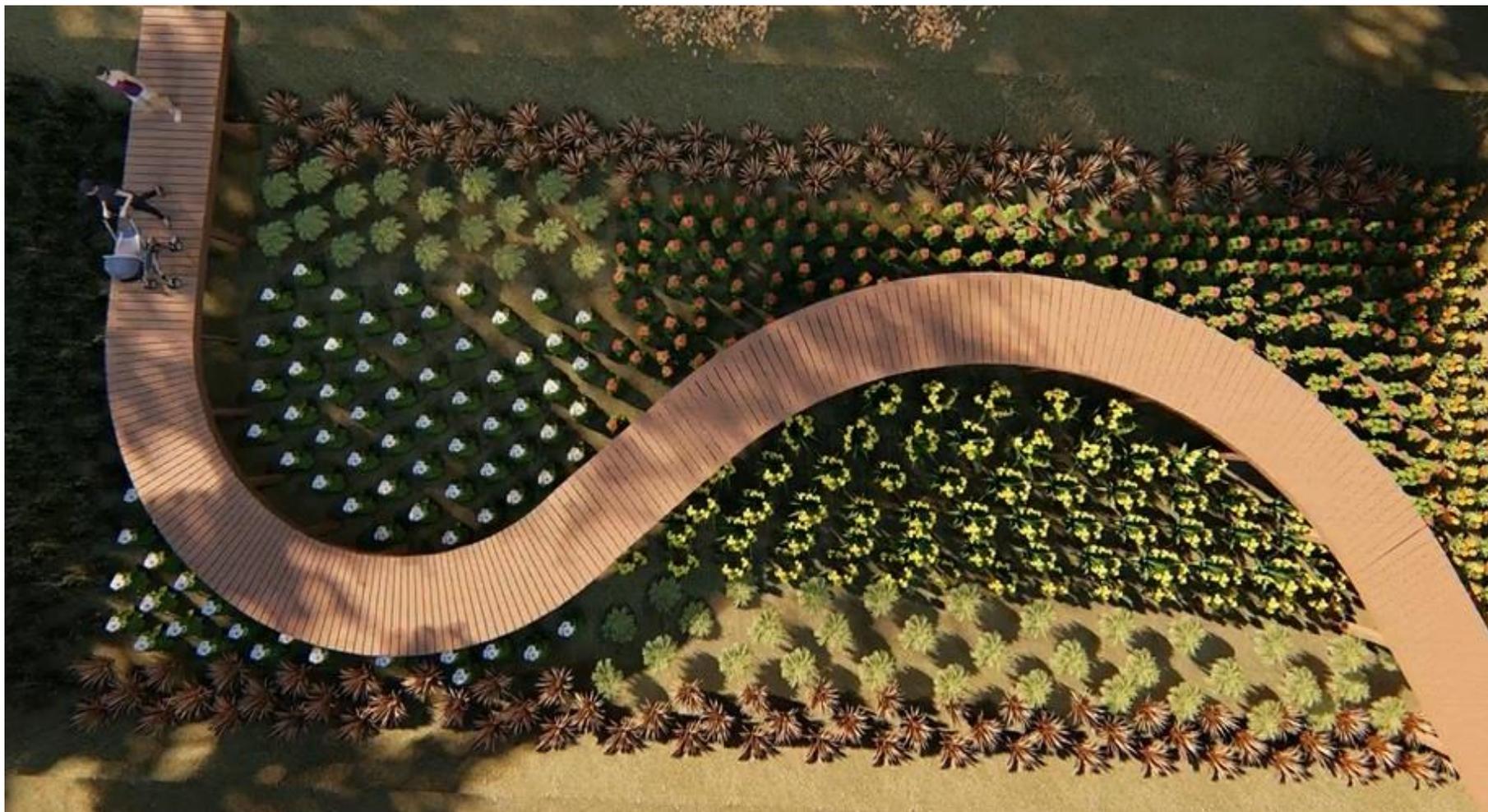
Para manutenção da beleza cênica proposta no projeto paisagístico, é importante seguir algumas recomendações que foram baseados no embasamento científico, diagnóstico e proposição do projeto visando assim a preservação e manutenção do sistema:

- Estabelecer um cronograma de manutenção, englobando a poda que deve ser embasada de acordo com a fisiologia da planta, remoção de plantas antigas e outros resíduos;
- Atentar ao tempo de remoção das plantas, pois varia de acordo com a espécie;
- Fazer a manutenção e a limpeza das fossas sépticas, e/ou outros sistemas de tratamento preliminares, para que não passe efluente bruto para o sistema, o que levaria a uma diminuição de sua vida útil;
- Garantir o isolamento dos WC, para evitar a entrada de animais ou resíduos indesejáveis dentro do sistema;
- Selecionar a alimentação do sistema de forma que o efluente possa ser aerado ao verter, incrementando a concentração de oxigênio dissolvido no sistema e, conseqüentemente, aumentando as taxas de biodegradação e nitrificação.

permite visualizar como será na fase final de crescimento das macrófitas que irão compor o sistema, que em caso real seriam de dias ou meses para criar o efeito final esperado na elaboração do projeto. Nas Figuras 34, 35 e 36 apresentam-se o resultado da maquete eletrônica do projeto paisagístico do WC.

Um desafio em relação aos softwares utilizados refere-se ao elevado custo de aquisição, sendo que o Sketch Up® possui licença gratuita de 30 dias. Recomenda-se a substituição do uso do Sketch Up®, pelo programa Blender®, por ser gratuito e produzir cenários 3D com a mesma eficiência, porém as ferramentas do programa são mais complexas de entender e usar do que o Sketch Up®, que é um software mais intuitivo e autoexplicativo. Quanto os demais programas utilizados, foi possível realizar o *download* pelo site oficial com licença gratuita para estudantes em instituições cadastradas.

Figura 34 - Vista aérea do WC no projeto paisagístico proposto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020- *software Lumion®*

Figura 35 - Perspectiva geral do WC no projeto paisagístico proposto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020- *software Lumion®*

Figura 36 - Perspectiva lateral do WC no projeto paisagístico proposto



Fonte: Elaborado pela autora, 2020- *software* Lumion®

5 CONCLUSÃO

Por meio da revisão bibliográfica realizada, assim como pelo acompanhamento e visita a um sistema de WC, pôde-se concluir que WC são uma alternativa eficiente e sustentável para o tratamento de efluentes, pois são estruturas que assemelham e aceleram as ações que decorrem espontaneamente na natureza. Pode-se ainda ser adaptado a ambientes com características distintas, e também a diferentes tipos de efluentes industriais e domésticos. A definição das espécies de macrófitas, material filtrante e a configuração do sistema de WC (qual fluxo deve ser usado ou combinado) deve ser realizada de acordo com o tipo de efluente que será tratado e características do local onde será implantado o sistema.

Destaca-se a importância das macrófitas para um bom funcionamento do sistema de WC, contribuindo para os processos de filtração e sedimentação, além de atuar nos processos bioquímicos e microbiológicos para deterioração da matéria orgânica, remoção de patógenos e absorção de nutrientes. Indica-se ainda a habilidade de evapotranspiração do sistema e a presença de meio suporte, que favorece a sobrevivência de microrganismos, o processo de transferência de gases na região das raízes, a transformação do microclima e a contribuição no controle de odores.

Constatou-se que para o sistema WC conquistar uma performance otimizada, é importante a manutenção adequada do sistema, com manejo correto das macrófitas respeitando seu tempo de poda e remoção das folhas secas, que podem variar de acordo com cada espécie. A poda e retirada das folhas é importante para que não ocorra acúmulo de matéria orgânica no sistema que ocasiona a morte das macrófitas e compromete a eficiência do sistema, por isso a poda se torna essencial para que ajude no crescimento de novos brotos. Isso ficou evidente na situação do WC existente em Agrônômica, que demonstrou a importância da manutenção do sistema, e integração do mesmo com a vizinhança, proporcionando assim serviços ecossistêmicos.

Levantou-se uma lista de espécies ornamentais com potencial para uso em WC. As seguintes espécies de plantas ornamentais *Canna glauca*, *Canna indica*, *Cyperus giganteus*, *Cymbopogon citratus*, *Typha latifolia* foram escolhidas, pois se adequariam ao clima de Agrônômica, e por serem plantas que tiveram bons resultados de remoção quando aplicadas em sistemas de tratamento em WC. Ademais, se adequaram à paleta de cores do projeto paisagístico proposto. Por meio da confecção da maquete virtual 3D foi possível visualizar a proposta do projeto paisagístico, inspirado na obra de Burle Marx.

REFERÊNCIAS

- ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Comissão de Estudo de Projetos de Sistemas de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 5p.
- ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Comitê Brasileiro de Construção Civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 8p.
- ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Comitê Brasileiro de Construção Civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15p.
- ABYANEH, Z. Evaluation of multivariate linear regression and artificial neural networks in prediction of water quality parameters. **Journal of Environmental Health Science & Engineering** 12 (40), 1–8, 2014. DOI: [10.1186 / 2052-336X-12-40](https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-40). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259880906_Evaluation_of_Multivariate_Linear_Regression_and_Artificial_Neural_Networks_in_prediction_of_Water_Quality_parameters Acesso em: 20 mar. 2020.
- ANA- Agência Nacional de Águas. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos /Agência Nacional de Águas**. -- Brasília: ANA, 2017.
- ANA- Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: informe anual** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019.
- ANDRADE, H. H. B. **Avaliação do desempenho de sistemas de zona de raízes (wetlands construídas) em escala piloto aplicados ao tratamento de efluente sintético**. 2012. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1292/1/CT_PPGECC_M_Andrade%20Henrique%20Borsato%20de_2012.pdf Acesso em: 17 fev.2020
- BENNY, Z. R. **Desempenho de um wetland construído horizontal empregado no tratamento de esgoto doméstico ao longo de 20 anos de operação**. 2014, 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/131759> Acesso em: 16 jun.2020
- BERTOLINO, S. M.; CARVALHO, C. de F.; AQUINO, S. F. Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, p. 271-277, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522008000300005&script=sci_arttext. Acesso em: 01 jul. 2020.
- BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica

do córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 161 - 171, 2003. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/36/6c7d58f2b688105ae980e27eed30a35a_9b43c345484afe37834d7df822d453eb.pdf Acesso: 05 mar. 2020.

BONILLA, B.J.; ARAÚZ, B. *Typhaceae* del Bajío y de Regiones Adyacentes. **Universidad Autónoma del Estado de Morelos**. México, 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.4338.4483.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/277331017_Typhaceae_del_Bajio_y_de_Regiones_Adyacentes_Mexico . Acesso em: 03 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 de jul. 2001. Disponível em:

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2001/lei-10257-10-julho-2001-327901-norma-pl.html> Acesso em: 15 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm Acesso em: 17 fev. 2020

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm Acesso em: 10 mar. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2005. **Diário Oficial da União**: nº 53, 18 mar. 2005, págs. 58-63.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2011. **Diário Oficial da União**: nº 92, 16 mai. 2011, pág. 89.

BRIX, H. Do Macrophytes Play a Role in Constructed Treatment Wetlands? **Water Science and Technology**. v. 35, n. 5, p. 11-17, 1997. DOI: [10.1016 / S0273-1223 \(97\) 00047-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00047-4)

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/230563377_Do_Macrophytes_Play_a_Role_in_Constructed_Treatment_Wetlands Acesso em: 17 mar. 2020.

CALHEIROS, C. S. C.; BESSA, V. S.; MESQUITA, R. B. R.; BRIX, H.; RANGEL, A. O. S. S.; CASTRO, P. M. L. Constructed wetland with a polyculture of ornamental plants for wastewater treatment at rural tourism facility. **Ecological Engineering**, v. 79, p. 1 –7. jun. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.03.001> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857415000877?via%3Dihub> Acesso em: 18 abr. 2020.

CALIJURI, M. L.; BASTOS, R. K. X.; MAGALHÃES, T. B.; CAPELETE, B. C.; DIASE, H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Engenharia Ambiental & Sanitária**, v. 14, n. 3, p. 421 - 430, jul./set. 2009. ISSN 1809-4457. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000300016> Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522009000300016&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em: 22 abr.2020.

CARR G. Poaceae (Gramineae). **University of Hawaii. Botany Department**. 2006 Disponível em: <http://www.botany.hawaii.edu/faculty/carr/po.htm> Acesso em: 12 mar.2020.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Tecnologias para tratamento de esgotos sanitários**. Sisttrat. São Paulo, 1998.

CHYAN, J. M.; LU, C. C.; SHIU, R. F.; BELLOTINDOS, L. M. Purification of landscape water by using an innovative application of subsurface flow constructed wetland. **Environmental Sciences Pollution Research**, v. 23, n. 1, p. 535-545, 2015. DOI: [10.1007/s11356-015-5265-1](https://doi.org/10.1007/s11356-015-5265-1) Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281338020_Purification_of_landscape_water_by_using_an_innovative_application_of_subsurface_flow_constructed_wetland Acesso em: 28 abr. 2020.

CLIFFORD, D. **Los Jardins: historia, trazado, arte...**Madrid: Instituto de Estudios de Administracion Local, 1970.

COLAÇO, R.; PERALTA-ZAMORA, P.G.; GOMES, E.C. Poluição por resíduos contendo compostos farmacêuticamente ativos: aspectos ambientais, geração a partir dos esgotos domésticos e a situação do Brasil. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 4, 2014. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/poluicao-por-residuos-contendo-compostos-farmacêuticamente-ativos-aspectos-ambientais-geracao-partir-dos-esgotos-domesticos-e-situacao-do-brasil/> Acesso em: 13 jul.2020.

COSTA, J. F.; PAOLI, A. O.; VON SPERLING, M.; SEIDL, M. Avaliação do desempenho de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial tratando efluente de reator UASB, com base em quatro anos de monitoramento. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 191-200, 2018. ISSN 1809 4457. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-4152201890370>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000100191&lng=pt&tlng=pt Acesso em: 16 jul.2020.

COOPER, P. F.; FINDLATER, B. **Constructed Wetlands in Water Pollution Control: Proceedings of the International Conference on the Use of Constructed Wetlands in**

Water Pollution Control. Pergamon, Cambridge, UK, 618p. September 1990. ISBN 1483149986. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books/constructed-wetlands-in-water-pollution-control/cooper/978-0-08-040784-5> Acesso em: 27 jul.2020

CRITES, R.; TCHOBANOGLIOUS, G. **Small and decentralized wastewater management systems.** McGraw-Hill Science/Engineering/Math; Edição: 1. 1084p. 1998

CRUZ, J. M.; SCHRÖDER, N. T. Dimensionamento de um sistema *wetland* construído para tratamento de esgoto sanitário em uma empresa. Porto Alegre, **ABES**, 2014. Disponível em: <http://abes-rs.org.br/qualidade2014/> Acesso em: 19 jun.2020.

CUNHA, C. A. G. **Análise da eficiência de um sistema combinado de alagados construídos na melhoria da qualidade das águas.** 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. DOI: 10.11606/D.18.2006.tde-04122006-232326 Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04122006-232326/pt-br.php> Acesso em: 23 abr.2020

DECAMP, O.; WARREN, A. Abundance, biomass and viability of bacteria in wastewaters: impact of treatment in horizontal subsurface flow constructed wetlands. **Water Research**, v. 35, n. 14, p. 3496-3501, 2001. DOI [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00064-1) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401000641?via%3Dihub> Acesso em: 25 mar.2020.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** São Paulo: Cetesb, 210 p, 1992.

FERREIRA, C. S.; SILVA, F. L.; MOITAS, M. L.; FUSHITA, A. T.; BIANCHINI JR, I.; CUNHA-SANTINO, M. B. Bacia do rio Monjolinho: qualidade da água, sedimento e Índice de Hemerobia. **Ambiência**, v. 14, n. 3, p. 522 - 538, 2018. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4884> Acesso em: 26 jul. 2020.

FIGUEIREDO, I.C.S.; DUARTE, N.C.; COASACA, R.L.; MAGALHÃES, T.M.; BARBOSA, A.C.; PORTELA, D.G.; PEÑA, F.J.; MADRID, L.; CRUZ, L.M.O.; TONETTI, A.L. Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. **Revista DAE**, n. 220, v. 67, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.061> Acesso em: 15 jun.2020.

FLORIPES, T.C.; AQUINO, S.F.; QUARESMA, A.V.; AFONSO, R. J. C. F.; CHERNICHARO, C.A.L.; SOUZA, C.L. Ocorrência de fármacos e desreguladores endócrinos em esgoto bruto e tratado na cidade de Belo Horizonte (MG). **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1199-1211, 2018. ISSN 1809-4457. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018177703> Acesso em: 14 mar.2020.

GIULIANO, R. C. S.; GIULIANO, A. D. Impactos de estações de tratamento de esgotos sanitários sob a perspectiva das populações circunvizinhas: estudos de caso na bacia do Piracicaba. **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável**, 2004, Florianópolis. Disponível em:

<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/08/08-029.pdf> Acesso em: 25 jun. 2020.

GODINHO, M. ; GUEDES, J. *Wetlands* Construídos: estudo de caso *parc du chemin de i'lle* e aplicabilidade em municípios brasileiros sob a perspectiva da ecologia e economia. **IX SBEA + XV ENEEAmb + III FLES**, 2017. DOI: 10.5151/xveneeam-090 . Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/wetlands-construdos-estudo-de-caso-parc-du-chemin-de-ille-e-aplicabilidade-em-municipios-brasileiros-sob-a-perspectiva-da-ecologia-e-economia-26760> Acesso em: 19 abr.2020.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. Ed. Plantarum. 448 p. Nova Odessa, São Paulo, 2007. ISBN: 9788586714252

GRIMM, A. M. Clima da Região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A., et. al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, Oficina de Textos, p. 259-275, 2009.

GRIMAL, P. **L'art des jardins**, PUF Que sais-je n° 618, 3e édition 1974.

GUERRA, J.G.M.; FONSECA, M.C. & ALMEIDA, D.L.; DEPOLLI, H. & FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo da biomassa microbiana de um solo cultivado com *Brachiara decumbens* Stapf. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30:543-551, 1995. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4338> Acesso em: 29 fev.2020.

GUIMARÃES, L. Roberto Burle Marx: muito além dos jardins, **Revista Veja**, 2019

HARTMANN, J., MOOSDORF, N. The new global lithological map database glim: a representation of rock properties at the Earth surface. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems** 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2012GC004370> Acesso em: 22 mar.2020.

HU, S., NIU, Z., CHEN, Y. **Global wetland datasets: a review**. *Wetlands* 37, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0927-z> Acesso em: 15 abr.2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2008

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico: 2010 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2010.

IGAM- Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento de Qualidade das Águas. Belo Horizonte, MG: **IGAM**, 2018.

IWA- International Water Association. Specialist group on the use of macrophytes in water pollution control, Constructed wetlands for pollution control: processes, performance, design and operation – scientific and technical report n.8. London – UK. **IWA Publishing**. 2017

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. VON SPERLLING, M. **Tratamento de Esgotos Domésticos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. edição. Rio de Janeiro: ABES, 932p., 2005.

JYOTHI, P.V.; SURESHKUMAR S. Aquatic Ornamental Macrophytes in Kole Wetlands: An Untapped Resource for Sustainable Utilisation. **Journal of Functional And Environmental Botany**, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311971607_Aquatic_Ornamental_Macrophytes_in_Kole_Wetlands_An_Untapped_Resource_for_Sustainable_Utilisation Acesso em: 17 jun. 2020.

KADLEC, R.H.; KNIGHT, R.L. **Treatment Wetlands**. Florida: Lewis Publishers. 893 p 1996.

KADLEC, ROBERT H.; REDDY, K.R. Temperature effects in treatment *wetlands*. **Water Environment Research**. Vol. 73, n. 5; p. 543-557, 2001. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25045537?seq=1> Acesso: 17 mar.2020.

KLETECKE, R. M. **Remoção/exportação de nutrientes de esgoto doméstico utilizando plantas ornamentais: *Hedychium coronarium*, *Heliconia psittacorum*, *Cyperus alternifolius* e *Colocasia esculenta***. Dissertação (Tese Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas). Campinas, SP, 310p. 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/256883> Acesso em: 08 abr.2020

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 2000. 726 p.

KIVAIISI, A. K. The potential for constructed *wetlands* for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. **Ecological Engineering**, v. 16, 4 ed., 545-560p. fev.2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00113-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00113-0) Acesso em: 23 jun.2020.

KIM, K. ; CHAEYEON, Y.; JI-SUN L.; FRED M. ; JÄNICKE, B.; FEHRENBACH, U.;; DIETER, S. BioCAS: Biometeorological Climate impact Assessment System for building-scale impact assessment of heat-stress related mortality. **Die Erde**; Berlin, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277991804_BioCAS_Biometeorological_Climate_impact_Assessment_System_for_building-scale_impact_assessment_of_heat-stress_related_mortality Acesso em: 10 jul.2020.

KONNERUP, D.; KOOTTATEP, T.; BRIX, H. Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*. **Ecological Engineering**. v. 35,2 ed, p. 248-257, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.04.018> Acesso em: 24 mar.2020.

LIRA FILHO, J.A. **Paisagismo: Elementos de composição e estética**. Volume 2. ed. Viçosa - MG: Aprenda Fácil Editora, 2002.

LORENZI, H. **Plantas Para Jardim No Brasil: Herbáceas, Arbustivas e Trepadeiras**. 2ª Ed. Saraiva, 2015. 1120 p. ISBN 9788586714474.

MARÇAL, D. , SILVA, C. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22. P. 761-772, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017148242> Acesso em: 28 jun. 2020.

MEJIA, S.B.K. **Estudo locacional para implantação de uma estação de tratamento de esgoto no cabo de Santa Marta –Laguna/SC**. 2014. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2014. Disponível em: <http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/1412> Acesso em: 05 fev. 2020.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MENDONÇA, H. V. **Avaliação da eficiência de sistemas alagados construídos em operação por bateladas no tratamento de efluentes da indústria de laticínios**. 2011. 113p. Dissertação (Mestrado em ecologia aplicada ao manejo e conservação de ecossistemas) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/2140> Acesso em: 23 fev.2020

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Copam nº 217, de 6 de dezembro de 2017. Diário executivo de Minas Gerais de 08. Dez. 2017. **Diário Oficial de Minas Gerais**, Poder Executivo. Belo Horizonte, MG.

MONTAGNER, C.C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R.D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova** [online]. 2017, vol.40, n.9, pp.1094-1110. ISSN 1678-7064. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091> Acesso em: 27 jul.2020.

MONTENEGRO, H.W.S. **A arte de projetar jardins**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1983.

MONTEIRO, R.C.M. **Viabilidade Técnica do Emprego de Sistemas tipo ‘WETLANDS’ para Tratamento de Água Cinza Visando o Reuso Não Potável**. Dissertação (Mestrado Engenharia Hidráulica), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-09032009-110147/pt-br.php> Acesso em: 27 abr.2020.

OLIJNYK, D. P. **Avaliação da nitrificação e desnitrificação de esgoto doméstico empregando filtros plantados com macrófitas (wetlands) de fluxos vertical e horizontal – Sistemas Híbridos**. Dissertação (Mestrado Engenharia Ambiental). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 111p. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91980> acesso em: 29 jul.2020.

PAIVA, P. D. O. ; ALVES, S. F. N. S. C. **Paisagismo I – Histórico, Definições e Caracterizações**. UFLA/FAEPE, Lavras. 127p. 2002 Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/paisagismo-i-historico-definicoes-e-caracterizacoes/5002974/> Acesso em: 29 jul.2020.

PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1997.

PERBANGKHEM, T., POLPRASERT, C. Biomass production of papyrus (*Cyperus papyrus*) in constructed wetland treating low-strength domestic wastewater. **Bioresource Technology**, Volume 101, edição 2, p 833-835, janeiro de 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.062> Acesso em : 30 jun. 2020.

PHILIPPI, L.S.; COSTA, R. H. R.; SEZERINO, P.H. Tratamento de efluentes domésticos através de sistema integrado de fossa séptica e zona radicular. **Water Science Technology**, v.40, 3ed, p 125-131, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00455-2](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00455-2) Acesso em: 26 mar. 2020.

PHILIPPI, L.S.; SEZERINO, P.H.; OLIJNYK, D.P.; KOSSATZ, B. Eficácia dos sistemas de tratamento de esgoto doméstico e de água para consumo humano utilizando wetlands considerando períodos diferentes de instalação e diferentes substratos e plantas utilizados. Florianópolis, SC. **EPAGRI**. Março, 2007. 49p.

PHYTORESTORE. **Jardins Filtrantes**. 2018. Disponível em: www.phytorestore.com Acesso em: 12 jun. 2020.

PIXABAY, *Typha Latifolia L.*, 2010. Disponível em: https://cdn.pixabay.com/photo/2014/03/02/16/40/broadleaf-cattail-278258_960_720.jpg Acesso em: 06 out. 2020

PIXABAY, **Floração *Cyperus Giganteus Vahl***, 2016. Disponível em: https://cdn.pixabay.com/photo/2016/05/14/12/19/papyrus-1391754_960_720.jpg Acesso em: 06 out. 2020

PIXABAY, *Cyperus Giganteus Vahl*, 2020. Disponível em: https://cdn.pixabay.com/photo/2020/05/28/17/25/costa-rica-5231959_960_720.jpg Acesso em: 06 out. 2020

PIXABAY, *Canna indica L.*, 2013. Disponível em: https://cdn.pixabay.com/photo/2013/11/08/09/39/canna-207340_960_720.jpg Acesso em: 06 out. 2020

PIXABAY, *Canna glauca L.*, 2017. Disponível em: https://cdn.pixabay.com/photo/2017/11/16/13/45/canna-2954681_960_720.jpg Acesso em: 06 out. 2020

PIXABAY, *Cymbopogon citratus Stapf*, 2014. Disponível em: https://cdn.pixabay.com/photo/2014/02/23/05/54/cymbopogon-272641_960_720.jpg Acesso em: 06 out. 2020

POKRYWIECKI, T. S.; GUMY, M. P.; TONIAL, I. B. POKRYWIECK, J. C. Avaliação do processo de tratamento de efluentes de laticínios. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**. V.11 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7213/academica.10.S01.AO18> Acesso em: 02 mar.2020.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade na microbacia do Córrego Banguelo - Contagem. **Revista Ambiente & Água**, vol.7, n.3, pp.183-194. 2012. ISSN 1980-993X. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.962> Acesso em: 25 mar.2020.

PROSAB PROJETO. Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES**, 2009.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT, 2016. The Fourth Ramsar Strategic Plan 2016–2024. **Ramsar handbooks for the wise use of wetlands**, 5th edition, vol. 2. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

REED, S. C.; CRITIES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural Systems for Waste Management and Treatment**; McGraw Hill, 1995. 2ª edição. 433p.

RODRIGUES, A. C.; BAUM, C. A.; FORMENTINI, J.;SCHMACHTENBERG, N.; TREVISAN, G. M.; SILVA, A. C. G. Avaliação do processo de compostagem utilizando lodo de Estação de Tratamento de Efluentes de Laticínio. **Ciência e Natura**. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304664053_AVALIACAO_DO_PROCESSO_DE_COMPOSTAGEM_UTILIZANDO_LODO_DE_ESTACAO_DE_TRATAMENTO_DE_EFLUENTES_DE_LATICINIO Acesso em : 03 abr.2020.

ROUSSO, B. Z. **Desempenho de um wetland construído horizontal empregado no tratamento de esgoto doméstico ao longo de 20 anos de operação**. Dissertação (Graduação Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/131759> Acesso em: 02 jan.2020.

RYBICKI, S. Phosphorus removal from wastewater. A literature review. **Royal Institute of Technology**, Stochholm, 106p, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260247863_Phosphorus_recovery_from_municipal_wastewater_-_Literature_Review Acesso em: 05 fev.2020.

SALATI JR., E.; SALATI, E.; SALATI, E. Wetlands projects developed in Brazil. **Water Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 19-25.1999. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00416-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00416-3) Acesso em: 07 fev.2020.

SALATI, E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. Relatório técnico para o Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC. São Carlos, 2000. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/12/sistema-wetlands.pdf> Acesso em: 09 mar.2020.

SALATI, E. FILHO; MANFRINATO, E. S. & SALATI, E. Secondary and Tertiary Treatment of Urban Sewage Utilizing the HDS System With Upflow Transport. **In: 23 International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control**, 5. Viena, Austria. Proceeding. Viena, Austria, IAWO, 1996.

SANCHEZ, C.G.; **Participação da macrófita *typha domingensis* na remoção de nutrientes de esgoto sanitário em *wetlands* construídos.** Dissertação (Mestrado Engenharia Ambiental), Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/168231> Acesso em: 10 abr.2020.

SANDOVAL, L.; ZAMORA-CASTRO, S. A.; VIDAL-ÁLVAREZ, M.; MARÍN-MUÑIZ, J. L. Role of *wetland* plants and use of ornamental flowering plants in constructed *wetlands* for wastewater treatment: a review. **Applied Sciences**, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331160482_Role_of_Wetland_Plants_and_Use_of_Ornamental_Flowering_Plants_in_Constructed_Wetlands_for_Wastewater_Treatment_A_Review Acesso em: 15 jul.2020.

SANTANNA JR., G.L. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2010.

SANTOS, J.E.; BARCELOS, R.B. Wetland artificial de subsuperfície para tratamento do lixiviado oriundo do aterro controlado do joquei - DF. **ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2015. Disponível em: http://www.abes-df.org.br/upload/estudo/2014_10_01/i-063.pdf Acesso em: 10 jan.2020.

SAUERESSIG, D. **Plantas do Brasil- Espécies Ornamentais**, volume 1- Editora Plantas do Brasil, 2017.

SCHIRMER, N.W.; MACHADO, O.G.; STUMPF, G.; LEMES, B.V.L.J.; AGASSI, D.J.; KAICK, V.T. Tratamento de esgoto por zona de raízes em comunidade rural – Parte 2: avaliação. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 165-173, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v6i2.10460> Acesso em: 20 mar.2020

SCHLEIFER S. **Cores para Interiores.** Tradução: M. C. Teixeira. 1ª edição. ed. Barcelona, Spain: Loft Publications, 2011. 190 p. v. 1. 2011

SEZERINO, P. H. **Potencialidade dos Filtros Plantados com Macrófitas (Constructed *Wetlands*) no Pós-Tratamento de Lagoas de Estabilização sob Condições de Clima Subtropical.** 2006. 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/103142> Acesso em: 18 jun. 2020.

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; DECEZARO, S. T.; MAGRI, M. E.; PHILIPPI, L. S. Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 20, n.1, p. 151-158, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000096615> Acesso em: 02 jun. 2020.

SILVA, S. C. **Wetlands construídos de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos.** Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, UNB, Brasil. 2007. Disponível

em: <http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/05/tese-doutorado-Selma.pdf> Acesso em: 20 out. 2020.

SILVA, S.C.; BERNARDES, S.R.; RAMOS, G.L.M. Remoção de matéria orgânica do esgoto em solo de Wetland Construído. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 20, n. 4, dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00533.pdf> Acesso em: 17 jul.2020.

SILVA, F. L.; MOITAS, M. L.; BIANCHINI JR, I.; CUNHA-SANTINO, M. B. Qualidade dos sedimentos do rio Monjolino: índice de geoacumulação. **Revista Ciência Tecnologia & Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 79-87, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/2359-6643.04111> Acesso em: 05 jan. 2020.

SNIS - Sistema Nacional de Informação Sob Saneamento **23º Edição do diagnóstico dos serviços de água e esgoto referente ao ano de 2017**. Publicado em 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017> Acesso em: 13 jul.2020.

SOUSA, J. T.; VAN HAANDEL, A.; LIMA, E. P. C.; HENRIQUE, I. N. Utilização de *wetland* construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v9n4/v9n4a03.pdf> Acesso: 01 mar.2020.

TEIXEIRA, B.M. **Manejo de esgotos sanitários: alternativas para loteamento popular em Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) Universidade Federal Rio Grande do Sul. Porto alegre, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/24121> Acesso em: 27 jun.2020

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. Regulação das Águas Pluviais Urbanas. **Rega**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 75-89, 2007. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=69&SUMARIO=846> Acesso em: 04 abr.2020.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. Integrating ecohydrology, water management, and watershed economy: case studies from Brazil. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 16, p. 83-91, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2016.03.006> Acesso em: 09 abr. 2020.

TILAK, A. S.; WANI, S. P.; PATIL, M. D.; DATTA, A. Evaluating wastewater treatment efficiency of two field scale subsurface flow constructed *wetlands*. **India: current science**, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297161750_Evaluating_Wastewater_Treatment_Efficiency_of_Two_Field_Scale_Subsurface_Flow_Constructed_Wetlands Acesso em: 14 fev.2020.

VALE . **Relatório Minas Gerais** ,2017. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Documents/relatorio_minas_gerais_2017.pdf Acesso em: 21 jun.2020.

VALENTIM, M.A.A. **Desempenho de leitos cultivados para tratamento de esgoto: contribuição para concepção e operação.** Dissertação (Doutorado Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 208p. 2003. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257550/1/Valentim_MarcelusAlexanderAcorinte_D.pdf Acesso em: 27 mar.2020.

VALENTIM, M.A.A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado.** Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 1999. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257516/1/Valentim_MarcelusAlexanderAcorinte_M.pdf Acesso em: 16 jul.2020.

VALIPOUR, A.; AHN, Y. Constructed wetlands as sustainable ecotechnologies in decentralization practices: a review. **Environmental science and pollution research international.** 2015. DOI: 23. 10.1007/s11356-015-5713-y. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283493247_Constructed_wetlands_as_sustainable_ecotechnologies_in_decentralization_practices_a_review Acesso em: 23 fev.2020.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes: Uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná.** 2002. 128 p. Dissertação (Mestrado). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/stricto-sensu/ppgte/defesas/ppgte-mestrado-tamara-simone-van-kaick> Acesso em: 29 jul.2020

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. Dimensionamento de *Wetlands* construídos no Brasil. **Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, dezembro/2018.** 65 p. ISSN 2359- 0548. Disponível em: <https://gesad.ufsc.br/files/2018/12/Boletim-Wetlands-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-2.pdf> Acesso em : 15 jan.2020.

WANG, A.O., JIANG, X.X., ZHANG, Q.Q., ZHOU, J., LI, H.L., LUO, F.L., ZHANG, M.X., YU, F.H. Nitrogen addition increases intraspecific competition in the invasive *wetland* plant *Alternanthera philoxeroides*, but not in its native congener *Alternanthera sessilis*. **Plant Species Biology**, 2014. Disponível em: <https://esj-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1442-1984.12048> Acesso em: 27 mar.2020.

WETLAND CONSTRUIDO, 2018. Disponível em: <https://www.wetlands.com.br> Acesso em: 10 mar. 2020

WHO - World Health Organization. Progress on drinking-water, sanitation and hygiene. **Infographics**, 2017. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-2017/en/ Acesso em: 19 jun. 2020.

WU, H.; ZHANG, J.; NGO, H.H.; GUO, W.; HU, Z.; LIANG, S.; FAN, J.; LIU, H. A review on the sustainability of constructed *wetlands* for wastewater treatment: design and operation.

Bioresource Technology, v. 175, p. 594-601, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.068> Acesso em: 29 jan. 2020.

YANG, Q.; CHEN, Z.; ZHAO, J.; GU, B. Contaminant removal of domestic wastewater by constructed *wetlands*: Effects of plant species. **Journal of Integrative Plant Biology**, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7909.2007.00389.x> Acesso em: 13 abr.2020.

YANG, X.R., LI, H., NIE, S.A., SU, J.Q., WENG, B. SEN, ZHU, G.B., YAO, H.Y., GILBERT, J.A., ZHU, Y.G. Potential contribution of anammox to nitrogen loss from paddy soils in southern China. **Applied and Environmental Microbiology** 2015. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/81/3/938> Acesso: 27 fev.2020.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. Dissertação (Doutorado Arquitetura e Urbanismo) Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP, 219 p. 2008. Disponível em: http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258169/1/Zanella_Luciano_D.pdf Acesso em: 21 fev.2020

ZURITA, F.; ANDA, J. D.; BELMONT, M. A. Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.35, n.5, p.861-869, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.12.026> Acesso em: 23 jun.2020.

