



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA URBANISMO E DESIGN

MARIA GABRIELA CUNHA APPLEYARD

**SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS: FRAMEWORK PARA ELABORAÇÃO
DE PROJETOS PARA PERFORMANCE NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS**

FORTALEZA
2024

MARIA GABRIELA CUNHA APPLEYARD

SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS: FRAMEWORK PARA ELABORAÇÃO
DE PROJETOS PARA PERFORMANCE NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Produção do Espaço Urbano e Arquitetônico.

Linha de Pesquisa: Modelagem e Design da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Newton Celio Becker de Moura.

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.

FORTALEZA

2024

A658s Appleyard, Maria Gabriela Cunha.
SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS: : FRAMEWORK PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS PARA PERFORMANCE NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
/ Maria Gabriela Cunha Appleyard. – 2024.
97 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. NEWTON CELIO BECKER DE MOURA .
Coorientação: Prof. Dr. DANIEL RIBEIRO CARDOSO.

1. Sistema de Alagados construídos. 2. Serviços Ecosistêmicos. 3. Parque Rachel de
Queiroz. 4. Framework processual. 5. Cenários Propositivos. I. Título.

CDD 720

MARIA GABRIELA CUNHA APPLEYARD

SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS: FRAMEWORK PARA
ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA PERFORMANCE NA PRESTAÇÃO DE
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura Urbanismo e Design. Área de Concentração: Produção do Espaço Urbano e Arquitetônico. Linha de Pesquisa: Modelagem e Design da Informação.

Aprovada em: 26/03/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Newton Célio Becker de Moura (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Jorge Alcobia Simões (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Taicia Helena Negrin Marques (Membro Externo)
Universidad Nacional Agraria La Molina -Perú (UNALM-PE)

A Deus.

Aos meus pais, Áurea e Francisco e à
minha avó, D. Maria do Carmo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares e amigos que forneceram uma rede de apoio para que esse trabalho se tornasse possível.

Aos meus mestres que confiaram no desenvolvimento desta pesquisa, iluminando mente e pensamento para ir além do que eu pude imaginar no princípio.

Pelas amizades e pelas parcerias estabelecidas ao longo desse período de intensa produção, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

“Os arquitetos paisagistas precisam de estabelecer uma relação com tradições de design vernaculares muito parecidas com as de Cornell: ser ao mesmo tempo “um membro da multidão” e “manter-se estritamente à parte dela”, usando os seus símbolos para um propósito diferente.” (Joan Iverson Nassauer, 1986, p. 163. Tradução nossa)

RESUMO

Sistemas de Alagados Naturais são ecossistemas naturais com alto grau de adaptação pois é na interface entre o ambiente terrestre e aquático que dão sua máxima contribuição ecológica, abrigando uma diversidade de espécies da fauna e da flora em seu espaço, auxiliando na manutenção da biodiversidade (SALATI, 1998). O Parque Rachel de Queiroz é o primeiro projeto, a nível municipal, que implementou em espaço público um Sistema de Alagados Construídos (SAC) como forma de viabilizar a reabilitação de um corpo hídrico (Riacho Cachoeirinha), através de estratégias ambientais que minimizem os danos causados pela poluição difusa bem como de origem doméstica, favorecem a oferta de Serviços Ecossistêmicos (SE) para a região. Embora a proposta apresente métodos relevantes na elaboração de projetos da paisagem, um framework processual para projetos de SAC, permite uma nova perspectiva diante da proposição de novos projetos da paisagem, facilitando a reunião e combinação das camadas de informação, facilitando a visualização de resultados. Seu uso possibilita ao projetista obter respostas através da escolha consciente de critérios propositivos para o projeto.

Palavras-chave: Sistema de Alagados construídos; Serviços Ecossistêmicos; Parque Rachel de Queiroz; Framework processual; Cenários Propositivos;

ABSTRACT

Natural Wetland Systems are natural ecosystems with a high degree of adaptation as it is at the interface between the terrestrial and aquatic environment that they make their maximum ecological contribution, housing a diversity of fauna and flora species in their space, helping to maintain biodiversity (SALATI , 1998). Rachel de Queiroz Park is the first project, at municipal level, that implemented a Constructed Wetland (CW) as a way of enabling the rehabilitation of a water body (Cachoeirinha Stream), through environmental strategies that minimize damage caused by pollution. diffuse as well as of domestic origin, favor the supply of Ecosystem Services (ES) for the region. Although the proposal presents relevant methods in the development of landscape projects, a procedural framework for CW projects allows a new perspective when proposing new landscape projects, facilitating the gathering and combination of layers of information, facilitating the visualization of results. Its use allows the designer to obtain answers through the conscious choice of propositional criteria for the project.

Keywords: Constructed Wetlands (CW); Ecosystem Services (ES); Rachel de Queiroz Park; Procedural framework; Propositional Scenarios.

TABELA DE MAPAS

Mapa 1- Região metropolitana de Fortaleza (RMF) e localização do Parque Linear Rachel de Queiroz.....	17
Mapa 4- Pontos de Coleta de Análise da Água.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Métricas para análise das soluções de IEV.....	20
Figura 2. Métricas para análise das soluções compositivas de vegetação pautadas no desempenho que visam a aplicação de técnicas de SbN para dispositivos de IEV do tipo SAC.....	21
Figura 3- Sistema de Alagados Naturais (SAN) e processos associados.....	31
Figura 4- SEs associados às wetlands naturais.....	33
Figura 5- Corte esquemático do SAC de Fluxo Superficial do Parque Rachel de Queiroz....	36
Figura 6- Tipos de Tratamento dos SACs.....	38
Figura 7 - Wetland Construído de Fluxo Subsuperficial (WCFSS).....	39
Figura 8 - Wetland Construído de Fluxo Horizontal (WCFH).....	40
Figura 9 - Wetland Construído de Fluxo Vertical (WCFV).....	40
Figura 10 - Método design de interação para construção do framework.....	48
Figura 11- Processo tradicional de concepção de um SAC.....	49
Figura 12 -Reunião de informações para elaboração do Framework.....	50
Figura 13 - Etapas do processo de aplicação do framework.....	50
Figura 14 - Classe UML com as informações necessárias para a elaboração do projeto de SAC.....	51
Figura 15 - A Modelagem dos cenários propositivos será pautada nos três aspectos a seguir.....	52
Figura 16 - Modelo de aprimoramento do Framework e exemplo de um sistema de ranqueamento pautado nos objetivos de desempenho na manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise de Conteúdo de Termos Descritivos organizados acerca do conceito de cuidado da paisagem.....	23
Tabela 2- Serviço Ecosistêmico urbano de Suporte realizados por dispositivos de Tabela 3- Caso Parque Rachel de Queiroz. Escolha das espécies segundo desempenho da Fitorremediação.....	42
Tabela 4- Tabela síntese dos mecanismos de fitorremediação associados às tipologias de SACs.....	44
Tabela 5- Análise da Água nos Pontos 1 e 3 (2017-2022).....	54
Tabela 6- Indicadores de Qualidade da Água.....	58
Tabela 7- Reunião de atributos voltados ao desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água.....	62
Tabela 8 - Reunião de atributos voltados ao desempenho no aspecto visual.....	66
Tabela 9- Reunião de atributos voltados à Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.....	68

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 e 2- Área remanescente do PQR, na margem do Riacho Cachoeirinha.....	18
Imagens 3 e 4- Trecho do Riacho Cachoeirinha do PRQ canalizado.....	18
Imagem 5- Alagado Natural na Lagoa das Cristalinas, Caucaia, Ceará.....	34
Imagem 6 e 7- Área selecionada para a modelagem da célula para representação dos cenários I, II e III.....	56
Imagem 8 a 12 - Cenário II: Desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água..	63
.....	
Imagem 13 a 16- Cenário I: Desempenho no aspecto visual da água.....	66
Imagem 17 a 20 - Cenário III: Desempenho na Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.....	69
Imagem 21- Comparativos entre Cenários I, II e III. O cenário III apresentou o maior número de atributos associados a ele.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
IEV	Infraestrutura Verde
IQA	Índice de Qualidade da Água
NT	Nitrogênio Total
PQR	Parque Rachel de Queiroz
PT	Fósforo Total
OD	Oxigênio Dissolvido
RE	Reabilitação Ecológica
SAC	Sistema de Alagado Construído
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.1 Contexto ambiental do Parque.....	17
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Geral.....	19
1.2.2 Específicos.....	19
1.3 Metodologia.....	19
1.3.1 Adequação à metodologia utilizada.....	20
1.3.1.1 Desempenho pautado na remoção de poluentes.....	21
1.3.1.2 Desempenho pautado na melhoria no aspecto visual da água...	23
1.3.1.3 Desempenho pautado na manutenção da biodiversidade.....	24
1.4 Estrutura da Dissertação.....	24
2. CONCEITOS TEÓRICOS.....	26
2.1 Soluções baseadas na Natureza (SbN) – Definições e Princípios.....	26
2.2 Infraestrutura Verde (IEV) – Definições e Princípios.....	27
3. WETLANDS.....	30
3.1 Os sistemas Naturais.....	30
3.2 Os Sistemas Construídos.....	34
3.2.1 O Processo da Fitorremediação.....	36
3.3 Tipologias e Funções Associadas.....	37
3.3.1 Wetland Construído de Fluxo Superficial (WCFS).....	37
3.3.2 Wetland Construído de Fluxo Subsuperficial (WCFSS).....	38
3.3.3 Wetland Construído de Fluxo Horizontal (WCFH).....	39
3.3.4 Wetland Construído de Fluxo Vertical (WCFV).....	40
3.4 Principais elementos dos Wetlands Construídos.....	40
3.4.1 Escolha das Macrófitas Aquáticas.....	40
3.4.2 Meio de Suporte.....	43
3.4.3 Microorganismos.....	43
3.5 Mecanismos Associados aos Sistemas de Alagados.....	43
3.6 Seleção de Parâmetros IQA para Wetlands Construídos.....	44
3.6.1 Demanda Bioquímica De Oxigênio (DBO5).....	45
3.6.2 Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	45
3.6.3 Fósforo Total (PT).....	45
3.6.4 Nitrogênio Total (NT).....	46
3.6.5 Oxigênio Dissolvido (OD).....	46
3.6.6 pH.....	46
3.6.7 Turbidez.....	46
3.6.8 Escherichia coli e Coliformes Termotolerantes.....	47

4. Método e critérios para Aplicação no Estudo de Caso.....	48
4.2 Design de Interação como método de funcionamento do framework.....	48
4.1 Diagrama de Classes UML como método de elaboração do framework.....	51
5. CENÁRIOS MODELADOS.....	53
5.1 Cenário Performático I: Desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água.....	62
5.2 Cenário Performático II: Desempenho no aspecto visual da água.....	66
5.3 Cenário Performático III: Desempenho na Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.....	68
5.4 Resultados e Discussão.....	70
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICE A - GLOSSÁRIO.....	88
ANEXO A - TABELAS FRAMEWORK.....	94

INTRODUÇÃO

Atualmente a prática profissional do arquiteto urbanista e paisagista está relacionada ao desafio de se trabalhar continuamente com a multidisciplinaridade e agregar dados de diversas naturezas aos projetos da paisagem. Compreende-se que a paisagem urbana enquanto sistema complexo, requer uma análise ampliada de seu contexto e elementos constituintes para melhor compreensão de seu funcionamento e de como esses elementos interagem entre si. Portanto, intervir na paisagem urbana visando a uma abordagem adaptativa para o planejamento urbano pressupõe um vasto arcabouço acerca de conceitos relacionados aos Serviços Ecossistêmicos (SE), Soluções baseadas na Natureza (SbN) e de Infraestrutura Verde (IEV) que viabilizam os objetivos aqui propostos por esta pesquisa.

Dessa forma, as próximas seções farão uma contextualização do problema de pesquisa bem como dos conceitos teóricos que dão suporte ao entendimento dos conceitos e da metodologia a ser abordada tendo como base alguns critérios específicos. Com isto, será possível construir um modelo baseado no desempenho dos projetos da paisagem, tendo em vista informações essenciais para a concepção de SACs.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A urbanização é um processo contínuo, dinâmico e multifacetado que tem causado grandes impactos para o meio ambiente e em toda a cadeia de processos ecológicos (HASSAN RASHID; MANZoor; MUKHTAR, 2018; MOURA; PELLEGRINO; MARTINS, 2014). O aumento das superfícies impermeáveis, a alteração das características físicas do solo, a remoção da vegetação nativa e a ocupação de áreas ambientalmente frágeis são características desse processo que ocasionaram alterações significativas no ciclo hidrológico que remontam a década de 1960 (FERREIRA; WALSH; FERREIRA, 2018; MENDONÇA; MEDEIROS LEITÃO, 2009; MOURA; PELLEGRINO; MARTINS, 2014).

Essas alterações tornam as cidades mais vulneráveis a desastres naturais e às ameaças promovidas pelas mudanças climáticas (AMINPOUR et al., 2022) atingindo também os recursos hídricos através da contaminação promovida por poluentes de diversas origens (tráfego veicular, efluentes industriais, falta de infraestrutura adequada, etc.) ameaçando a saúde de todos os seres vivos (BALHAZARD-ACCOU et al., 2020; MENDONÇA; MEDEIROS LEITÃO, 2009; MEYER; PAUL; TAULBEE, 2005), causando prejuízos na produtividade, sustentabilidade e biodiversidade dos ecossistemas (TAVARES, OLIVEIRA & SALGADO, 2013).

Dessa forma, faz-se necessária a adoção de uma nova forma de planejamento que seja capaz de se adequar ao dinamismo urbano e que integre o suporte biofísico (BONZI, 2017). O objetivo então passa a ser tornar as cidades mais resilientes, ou seja, capazes de responderem a mudanças ou perturbações e ainda manterem suas funções e estruturas básicas (WALKER; SALT, 2006).

Para isso, são propostas cinco estratégias de planejamento e design urbano que incluem: multifuncionalidade (um mesmo elemento desempenhando mais de uma função); redundância e modularização (mais de um elemento desempenhando a mesma função); diversidade (biológica e social); redes e conectividade (compreensão do meio ambiente como um sistema integrado); e planejamento e design adaptativos (tomada de decisão com conhecimento imperfeito como uma oportunidade de aprendizado) (AHERN, 2011; NOVOTNY; AHERN; BROWN, 2010).

Soluções baseadas na natureza (SbN) é um conceito guarda-chuva que abrange ações para lidar com os ecossistemas modificados a fim de torná-los resilientes. Elas visam proteger, gerenciar e restaurar o capital natural - recursos que mantêm a vida e o bem-estar - podendo incluir práticas tanto estruturais quanto não estruturais.

Dentre essas práticas estruturais, uma está ganhando força no cenário nacional: as infraestruturas verdes (IEV). Elas consistem em uma rede áreas naturais e seminaturais planejadas para entregar serviços ecossistêmicos (benefícios) com maior qualidade e menor custo podendo ou não ser integradas às infraestruturas tradicionais (infraestrutura cinza) já existentes (BROWDER et al., 2019; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2021).

Essas soluções envolvem múltiplos conhecimentos e, por serem uma nova forma de pensar o meio urbano, requerem um novo tipo de visualização pelos profissionais envolvidos (PELLEGRINO, 2017). A falta de conhecimento e documentação adequada da implantação desse tipo de infraestrutura, no entanto, ainda representam grandes desafios para sua utilização (BROWDER et al., 2019).

Uma estratégia atrativa e viável a fim de remediar contaminantes de natureza orgânica e inorgânica- encontrados no solo, na água e no ar, possuindo grande valor agregado e baixo custo de manutenção e operação é a fitorremediação que se utiliza de processos naturais inerentes realizados pelas espécies vegetais e microrganismos associados, papel especialmente exercido pelas macrófitas aquáticas, consistindo na remoção, degradação ou imobilização do contaminante de interesse (PILON-SMITS, 2005; DHIR, 2013; KENNEN, KIRKWOOD, 2015; PINHEIRO, 2017).

O estudo aqui centra-se no papel realizado por estas espécies dentro de um Sistema de Alagados construídos (SAC) no Parque Rachel de Queiroz, localizado no município de Fortaleza, servindo de estudo de caso para a análise de sua concepção, apoiando a compreensão de seus elementos constituintes, reunindo informações relevantes para sua concepção, facilitando a aplicabilidade destes conceitos para propor um framework processual para concepção de Sistema de Alagados Construídos (SAC), pautados na melhoria da qualidade das águas urbanas através da gestão dos recursos hídricos.

1.1 Contexto ambiental do Parque

Mapa 1- Região metropolitana de Fortaleza (RMF) e localização do Parque Linear Rachel de Queiroz.



Fonte: Elaborado pela Autora, embasado em Fortaleza (2003).

O Parque Rachel de Queiroz, região do bairro Presidente Kennedy, localizado na porção noroeste do município de Fortaleza, teve origem no Sítio Pici, pertencente ao pai da escritora Rachel de Queiroz. Com o processo de ocupação e expansão urbana da região ocorrida a partir da década de 60, a região recebeu equipamentos urbanos como escolas, hospitais e novas moradias populares, o que acarretou num processo de adensamento crescente e espontâneo na região, apesar da precária infraestrutura urbana da região (SANTOS, 2017).

Com relação aos seus aspectos ambientais, o parque possui grande potencial ambiental, devido a presença de fragmentos existentes de áreas verdes, possuindo flora e fauna do tipo lacustre e ribeirinha de grande relevância ambiental (imagens 1 e 2). Contudo, a região vivencia um crescente processo de degradação ambiental, cultural e social, associada à grande presença da mercado imobiliário na região, que impõem uma dinâmica de desenvolvimento urbano que não estabelece vínculos sinérgicos com os processos hídricos e hidrológicos da paisagem, afetando

substancialmente o ciclo natural do ecossistema urbano e trazendo grandes prejuízos ao contexto local, como é possível observar nas imagens a seguir (Imagens 3 e 4).

Imagem 1 e 2- Área remanescente do PQR, na margem do Riacho Cachoeirinha.



Fonte: Santos, (2017) e Movimento Pró-Parque Rachel de Queiroz (2012).

Imagens 3 e 4- Trecho do Riacho Cachoeirinha do PRQ canalizado.



Fonte: Movimento Pró-Parque Rachel de Queiroz (2012).

Isso reflete quão importante é a consciência da população em se preservar uma rede de sistemas naturais e compreender a paisagem em seu caráter infraestrutural e multifuncional, visando o bom funcionamento da paisagem urbana pois, segundo Bonzi (2017), os serviços ambientais prestados por essas estruturas as qualificam como alternativas promissoras para substituir ou complementar serviços desempenhados pelas infra estruturas convencionais. Esta dificuldade encontrada em se mensurar e representar visualmente os serviços oferecidos por soluções mais naturalizadas, potencializa uma falta de entendimento geral que

reflete na prática profissional, principalmente na defesa de um discurso diferente daquele que é comumente adotado, bem como na concepção dessas soluções, sendo esta uma lacuna do conhecimento acerca da concepção dos SACs.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Dessa maneira, como hipótese para esta pesquisa temos que “uma ferramenta processual que reúne, através de uma estrutura operacional comum, auxilia na tomada de decisão na concepção de projeto de Sistemas de Alagados Construídos”. Compreender os benefícios e os processos naturais gerados por esses sistemas construídos, dando enfoque aos Sistemas de Alagados Construídos (SACs), criando uma sistematização que seja capaz de potencializar o desempenho dessas paisagens através de projeto é o objetivo principal desta pesquisa.

1.2.2 Específicos

Como objetivos específicos, temos:

- Reunir critérios e parâmetros ambientais, criando indicadores do IQA e suas variáveis;
- Contribuir para ampliação do conhecimento acerca da concepção de projetos em Sistemas de Alagados Construídos (SACs), divulgando suas contribuições em âmbito ambiental, social e cultural;
- Possibilitar, através do desenvolvimento da ferramenta, a criação de cenários propositivos tendo como referência sua operacionalização dentro do contexto específico do projeto.

1.3 Metodologia

O método a ser utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa é a delineado por Ahern e Pellegrino (2012), onde propõe um método de abordagem sistematizado a fim de enfrentar os desafios impostos no planejamento e concepção de Infraestrutura Verde (IEV) em contextos urbanos desenvolvidos e em

desenvolvimento. Este método prioriza o aprofundamento da compreensão relacionada ao ecossistema urbano, fornecendo ferramentas necessárias para explorar as múltiplas funções fornecidas por estes dispositivos no contexto das cidades. Dessa maneira, é colocado como principais pontos de ataque para a concepção desses dispositivos: desempenho, aparência, economia e método de trabalho (Figura 1).

Figura 1. Métricas para análise das soluções de IEV.



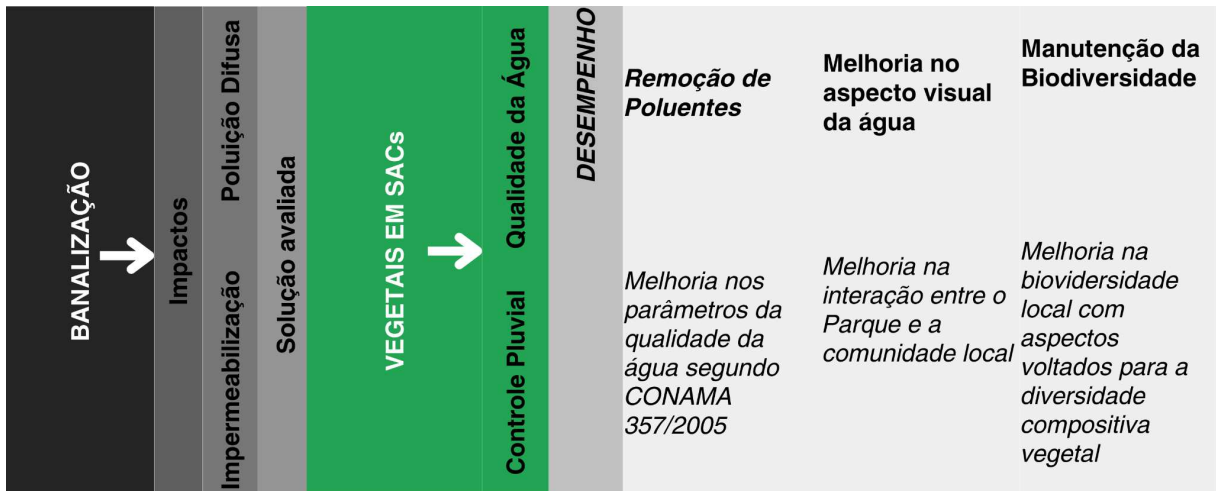
Métricas para análise das soluções compositivas de vegetação que visam a aplicação de técnicas de SbN para dispositivos de IEV do tipo SAC.

Fonte: Adaptado de Ahern & Pellegrino (2012) apud Moura (2013).

1.3.1 Adequação à metodologia utilizada

Embora o método permita sua aplicação para diversos dispositivos de EIV, esta pesquisa está centrada a explorar a concepção e aplicação do dispositivo de IEV do tipo Sistema de Alagado Construído (SAC) pautada no critério desempenho da Vegetação, como é possível observar a seguir (Figura 2).

Figura 2. Métricas para análise das soluções compositivas de vegetação pautadas no desempenho que visam a aplicação de técnicas de SbN para dispositivos de IEV do tipo SAC.

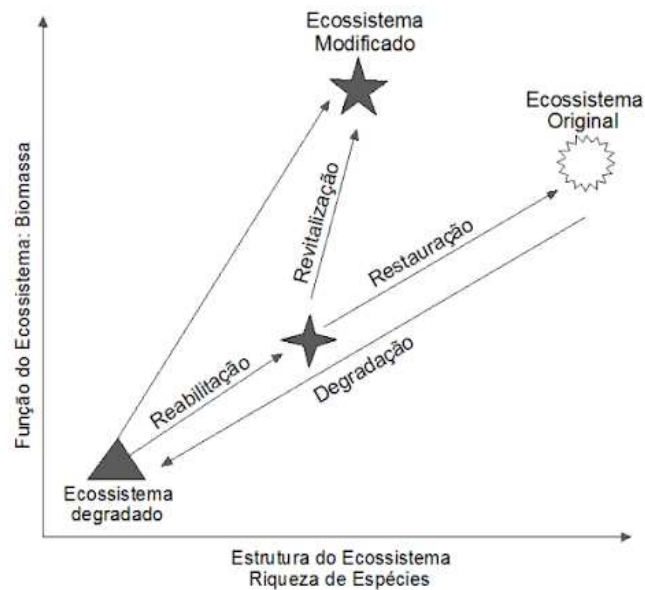


Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Ahern & Pellegrino (2012) apud Moura (2013).

1.3.1.1 Desempenho pautado na remoção de poluentes

Alencar (2017) sugere que o conceito “reabilitar” está relacionado ao restabelecimento das condições físicas, químicas e biológicas de uma determinada região, visando retomar as condições sanitárias do mesmo. Observando a figura a seguir (Figura 3), a reabilitação é um ponto intermediário e possível de ser atingido entre a degradação e a restauração, ou seja, dentro de um contexto ambiental, é mais realista trabalhar-se com a reabilitação e revitalização, já que são processos intermediários para se atingir a restauração que, por sua vez, preza pelo retorno ao estado original, situação esta que demandaria uma série de recursos e inviabilizaria grande parte dos usos e funções vinculadas aos corpos d'água como, por exemplo, as funções recreativas e de transporte hidroviário (FINDLAY & TAYLOR, 2006; ALENCAR, 2017).

Figura 3. O estágio de reabilitação de um ecossistema degradado.



Fonte: Alencar (2017), embasado em Findlay & Taylor, (2006).

Visando a reabilitação ambiental dos recursos hídricos, uma abordagem pautada na análise da qualidade da água, tendo a vegetação como promotora dessas melhorias, torna-se imprescindível para realizar uma proposta de intervenção adequada da paisagem. Dessa forma, a resolução n. 357/2005 do CONAMA que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e a Resolução CONAMA nº 274/2000, que dispõem sobre os Critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras, foram utilizados como referência para compor as análises desta pesquisa. Estes documentos estabelecem padrões típicos de lançamento a serem considerados tanto para as análises físico-químicas da água quanto para o ensaio microbiológico que são os seguintes: DBO (mg/L) <5; SDT (mg/L); Fósforo Total (mg/L) <0,05; Nitrogênio Total (mg/L); Oxigênio Dissolvido < 5 (mg/L O₂); pH > 6 < 9; Turbidez (NTU) < 100 (NTU); *Escherichia coli* (Média) ≤2.000 (mL); Coliformes Termotolerantes (UFC/ 100 mL) ≤2.500 (mL). A escolha dos parâmetros esteve relacionada às análises realizadas pela Prefeitura de Fortaleza, disponíveis através do portal Fortaleza em Mapas.

Apesar de alguns parâmetros acima não serem contemplados pela resolução do CONAMA, alguns exercem grande influência em outros nutrientes como é o caso do Nitrogênio Total (NT) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT). Estes dois parâmetros

estão muito relacionados tanto ao aspecto visual da água quanto à manutenção da biodiversidade, aspectos estes que serão analisados a seguir.

1.3.1.2 Desempenho pautado na melhoria no aspecto visual da água

As múltiplas funções que a paisagem reabilitada pode oferecer para o ecossistema urbano pode ser percebida através do olhar de quem a frequenta e essas características reunidas podem ser incorporadas aos projetos da paisagem como indicadores da qualidade da água, que reflete diretamente na qualidade ambiental, social e cultural da comunidade.

Partindo desse entendimento, Nassauer (1995) propõe o estabelecimento de termos descritivos que traduzem o conceito de cuidado com a paisagem, considerando Limpeza, Benefícios e Naturalidade, considerando uma escala de avaliação de atraente e pouco atraente, como é possível ver na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1- Análise de Conteúdo de Termos Descritivos organizados acerca do conceito de cuidado da paisagem.

Cuidados					
Limpeza		Benefícios		Naturalidade	
<i>Atraente</i>	<i>Pouco atraente</i>	<i>Atraente</i>	<i>Pouco atraente</i>	<i>Atraente</i>	<i>Pouco atraente</i>
<i>Cuidados aparentes com o quintal</i>	<i>Morto ou podre</i>	<i>Boa conservação</i>	<i>Má conservação</i>	<i>Naturalidade Aparente</i>	<i>Muito formal</i>
Cercas, flores ou arbustos, ornamentos gramado ou detalhes arquitetônicos, limpeza organização, seguro, bem cuidado, novo	Falta de cuidados com o quintal, sem flores e sombra, não construção em andamento,	Conservação Topiaria, sem erosão, pastos e terraços e quebra vento.	Monocultura, Efluentes de confinamento má qualidade da água, Terra erodível lavrada, Sem prática de conservação, Águ a com aparência viscosa.	O desenvolvimento se mistura em habitat, vegetação nativa, árvores, vida selvagem.	Muito formal, concreto e aberto. Monótono e sem árvores.

e sem ervas daninhas.	lixo, desarrumado, abandonado e cheio de ervas daninhas.				
-----------------------	--	--	--	--	--

Fonte: Adaptado de Nassauer (1995).

Esta estratégia de sistematização mostra-se bastante promissora na concepção de projetos que visam considerar os aspectos visuais da paisagem, inclusive aqueles pautados no aspecto da água ligado ao tratamento de efluentes. Promover o uso de sistemas descentralizados para tratamento de água *in situ* em locais onde se dispõe de poucos recursos financeiros para o esgotamento sanitário requer um entendimento que abranja tanto os benefícios ambientais oferecidos pela adoção dessas soluções quanto um nível positivo de satisfação e envolvimento da comunidade local.

1.3.1.3 Desempenho pautado na manutenção da biodiversidade

A manutenção da biodiversidade é uma métrica que se conecta tanto aos aspectos ambientais, sociais, culturais e técnicos da paisagem, quanto aos serviços ecossistêmicos oferecidos por projetos da paisagem mais adaptados à realidade local. Segundo a Tabela 1, a biodiversidade está relacionada a aspectos vinculados à naturalidade atraente, fazendo oposição a todos os aspectos inerentes a uma naturalidade muito formal e pouco atraente e aos benefícios pouco atraentes, como a monocultura de espécies e aspectos de conservação negativos relacionados à água. Posto isto, a relação da vegetação e sua diversidade compositiva favorece a oferta de serviços ecossistêmicos, servindo como suporte e provisão na manutenção da biodiversidade, conceitos estes que serão abordados a seguir.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por esta introdução e por 4 capítulos, conclusão, referências bibliográficas e glossário para esclarecimento de termos técnicos mais específicos. Os dois primeiros capítulos oferecem uma base teórica conceitual que auxilia no entendimento das temáticas a serem abordadas bem como na construção da ferramenta.

O capítulo 1 aborda o conceito de serviços ecossistêmicos em áreas urbanas, suas funções, demandas e ofertas. O capítulo 2 aborda o conceito de Wetlands, suas tipologias e funções associadas, além do funcionamento da Fitorremediação dentro do contexto dos Wetlands construídos. O capítulo 3 vai tratar da análise do Estudo de Caso Parque Rachel de Queiroz, a estrutura e funcionamento do framework, os métodos e procedimentos utilizados para sua aplicação dentro do estudo de caso.

O capítulo 4 trata dos Resultados e Discussão acerca da aplicação da ferramenta, bem como as contribuições teóricas para pesquisas futuras.

2. CONCEITOS TEÓRICOS

Compreender os conceitos basilares da arquitetura da paisagem torna-se etapa essencial para que seja possível estabelecer métodos adequados para sua aplicação em contexto real no planejamento urbano. Portanto, a próxima seção desta pesquisa busca esclarecer de uma maneira geral os conceitos e sua potencial aplicação no estudo de caso do Parque Rachel de Queiroz, na tentativa de trazer uma visão geral da pesquisa e os critérios aqui estabelecidos para a construção do framework processual.

2.1 Soluções baseadas na Natureza (SbN) – Definições e Princípios

As SbN, podem ser definidas como ações, sejam elas estruturais ou não, que visam proteger, gerenciar, de maneira sustentável e restaurar ecossistemas naturais e modificados que abordam o contexto social de maneira eficaz e integrada ao meio ambiente, proporcionando, simultaneamente, bem-estar humano e benefícios a biodiversidade (COHEN-SHACHEM et. al, 2016).

Seu conceito é relativamente recente e se apresenta como um conceito guarda-chuva que incorpora em suas bases conceituais as definições de Infraestrutura Verde, chamados aqui de IEV e das Tecnologias LID e de seus Serviços Ecossistêmicos (SE) associados. Sob a perspectiva ambiental, são soluções que mimetizam processos hidrológicos naturais, a fim de mitigar o risco de enchentes e trazer melhorias na qualidade dos recursos hídricos, já que fornecem uma abordagem adaptativa que objetiva combater as mudanças climáticas, a segurança alimentar e os desastres naturais.

A principal contribuição das SbNs enquanto abordagem mais sustentável é possibilitar uma mudança de perspectiva já que os benefícios por ela fornecidos vão além de possibilitar melhorias para as pessoas, mas, sobretudo, em engajar a sociedade em atividades que promovam o bom gerenciamento e a restauração de ecossistemas naturais, contribuindo intencionalmente no combate aos desafios de ordem ambiental, cultural, política e social (op cit.)

2.2 Infraestrutura Verde (IEV) – Definições e Princípios

O termo Infraestrutura Verde (IEV) é um conceito que se baseia em redes conectadas de paisagens estruturais e multifuncionais capazes de realizar o tratamento e controle das águas da chuva na fonte (BENEDICT & MC MAHON, 2006), apresentando-se como uma poderosa ferramenta para o planejamento urbano da paisagem (MOURA, 2013). Este conceito converge com o conceito de soluções baseadas na Natureza (SbN) na medida em que os dois visam objetivos finais comuns. Ao passo que as SbN são um conjunto de estratégias que mimetizam processos hidrológicos naturais, as IEVs oferecem uma organização espacial interconectada que dá suporte para o desenvolvimento dessas estratégias de SbN acontecerem. Isso se dá a partir dos dispositivos de SbN ou tipologias paisagísticas que tem como função abrigar esses processos para o manejo das águas pluviais *in situ* através de dispositivos do tipo biovaletas, jardins de chuva, canteiros pluviais e alagados construídos (PINHEIRO, 2017).

Entre os benefícios associados a esses dispositivos, podem ser ressaltados aqui os serviços fornecidos através da adoção dessas estratégias adaptativas, podendo elas serem ou não vinculadas às infraestruturas tradicionais (cinzas) já existentes (BROWDER et al. 2019; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2021).

Na tabela a seguir (Tabela 2), é possível observar a relação entre dispositivos de SbN em projetos de IEV e os serviços ecossistêmicos ofertados enquanto suporte para seu funcionamento das demais categorias de SE em espaços livres.

Tabela 2- Serviço Ecossistêmico urbano de Suporte realizados por dispositivos de SbN em projetos de IEV vinculados a outras categorias de SE em espaços livres.

Categoria do tipo Suporte	Tipos de SE ofertado	Descrição
+ Culturais	Recreação, espiritual, educacionais, patrimoniais	Voltados à apreciação estética, valores recreativos, educacionais, paisagens culturalmente importantes
+ Provisão	Alimentação	Soberania alimentar (Plantas comestíveis)

	Fibra e Energia	Presença de espécies com potencial uso de madeira, combustível ou matéria prima
+ Regulação	Regulação hídrica Água (Proteção contra inundações e alagamentos e melhoria da qualidade)	Quantidade de água (diminuição do escoamento superficial e dos riscos de inundação) e Qualidade da água (Papel da biota e dos processos abióticos na remoção de nutrientes xênicos e compostos)
	Regulação da qualidade do ar	Redução dos poluentes da atmosfera através do ecossistema
	Regulação do clima local	Influência dos ecossistemas na temperatura local por meio de cobertura vegetal
	Regulação do clima global	Influência dos ecossistemas na temperatura global por meio de cobertura vegetal pela redução das concentrações de gases de efeito estufa (ênfoque exclusivo em sequestro de carbono)
	Polinização e dispersão	Abundância e efetividade de agentes polinizadores, possibilitando a fertilização de flores e a produção de frutos, legumes e grãos
	Controle biológico de pragas	Controle de pragas por regulação trófica

Fonte: Sandre, (2022) com adaptações.

Entende-se aqui que o serviço de suporte é aquele que serve de apoio para o desenvolvimento de todos os outros SE, e diferencia-se dos demais serviços na medida em que seus impactos não interferem de maneira direta a vida das pessoas, enquanto nas outras categorias é percebido maior impacto. Por exemplo, a formação do solo, que é um exemplo de SE do tipo Suporte, não afeta diretamente a

vida das pessoas, porém processos erosivos podem afetar substancialmente a dinâmica de vida das pessoas.

3. WETLANDS

Os sistemas de Alagados ou *wetlands* desempenham papel fundamental na manutenção da biodiversidade e equilíbrio dos ecossistemas e na oferta de Serviços Ecossistêmicos. Conhecidas como “rins da terra”, as *wetlands* participam ativamente de processos de limpeza e amortecimento do regime de cheias, principalmente quando localizados em zonas intensamente urbanizadas. Dada a sua importância em contexto mundial, foi realizada uma convenção sobre zonas úmidas, em Ramsar, no Irã. Este encontro teve como objetivo discutir ações para conservar seu uso a nível local, regional, nacional e global, na ocasião surgiu então o Tratado de Ramsar. Desde então, as zonas úmidas foram reconhecidas legalmente e hoje existem ações mundiais e medidas mais protecionistas para a sua preservação.

3.1 Os sistemas Naturais

Um sistema natural pode ser definido como brejo, turfa ou água, sendo elas permanentes ou temporárias, com água estática ou corrente, doce, salobra ou salgada. (JUNK et al., 2013 apud AQUINO, 2023).

São ecossistemas que possuem alto valor ecológico e contam com uma biodiversidade, pois são formados pela interface terra e água, prestando serviços ecossistêmicos com alto valor agregado.

Devido ao seu alto grau de incompreensão de seus potenciais e importância ecológica, vem sendo destruído. Porém, devido a sua capacidade de proteger as cidades das inundações ganhou reconhecimento como infraestrutura ambiental crítica que podem ser grandes aliados no combate aos efeitos das mudanças climáticas no contexto urbano (WORLD BANK, 2021).

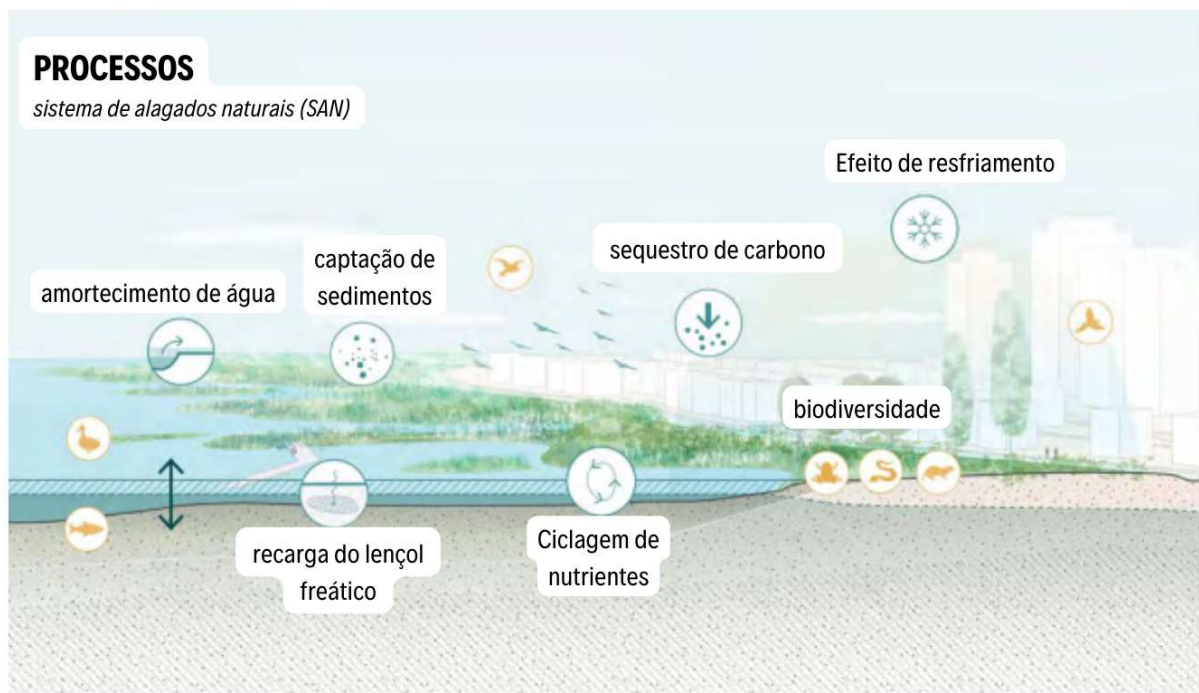
Na condição de serem frequentemente ou continuamente inundados, esse tipo de ambiente exige a presença de espécies vegetais com alto grau de adaptabilidade para ambiente terrestre e aquático, como plantas tolerantes a esses ambientes constantemente alagados e com solos saturados, daí a incorporação das espécies macrófitas nesse ambiente. Podemos destacar como funções específicas como remoção de sedimentos, nutrientes e poluentes da água, além de fornecer habitat para animais selvagens, peixes e outras espécies aquáticas ameaçadas e/ou em perigo de extinção.

Projetos de restauração em áreas alagadas naturais geram benefícios que vão da adaptação ao clima, recebendo em muitos casos o status de proteção,

estimulando que essas áreas sejam foco de projetos que visam propostas para reabilitação ambiental.

Como processos vinculados a essas áreas, é possível apontar a contenção de aquíferos, a recarga do lençol freático, a limpeza da água através da ciclagem de nutrientes, a captação de sedimentos, o sequestro de carbono, o efeito de resfriamento, o estímulo à biodiversidade, como é possível ver na figura a seguir (Figura 3).

Figura 3- Sistema de Alagados Naturais (SAN) e processos associados.



Fonte: Traduzido e adaptado de World Bank (2021).

Com relação aos serviços vinculados a essas áreas, podemos citar os principais como a regulação de enchentes pluviais e ribeirinhas, através da atenuação das inundações que se baseiam em seu tamanho, vegetação associada, tipo de solo, capacidade da bacia, redução do risco de inundações, já que estas zonas servem como zonas de amortecimento por captar e armazenar águas pluviais, além de reduzir a velocidade de escoamento e quantidade de fluxo das águas pluviais evitando que o excessivo de volume de água entre nos corpos d'água (Figura 4). (FABER-LANGENDOEN et al., 1986; WOOD & VAN HALSEMA, 2008; WORLD BANK, 2021).

Com relação a qualidade da água, vale ressaltar o potencial de tratamento de água dessas zonas devido às condições anaeróbias serem favoráveis, aumenta a retenção de muitos compostos orgânicos favorecendo processos como a desnitrificação, amonificação e formação de compostos insolúveis de fósforo metálico (BASTIAN & BENFORADO, 1988; WORLD BANK, 2021).

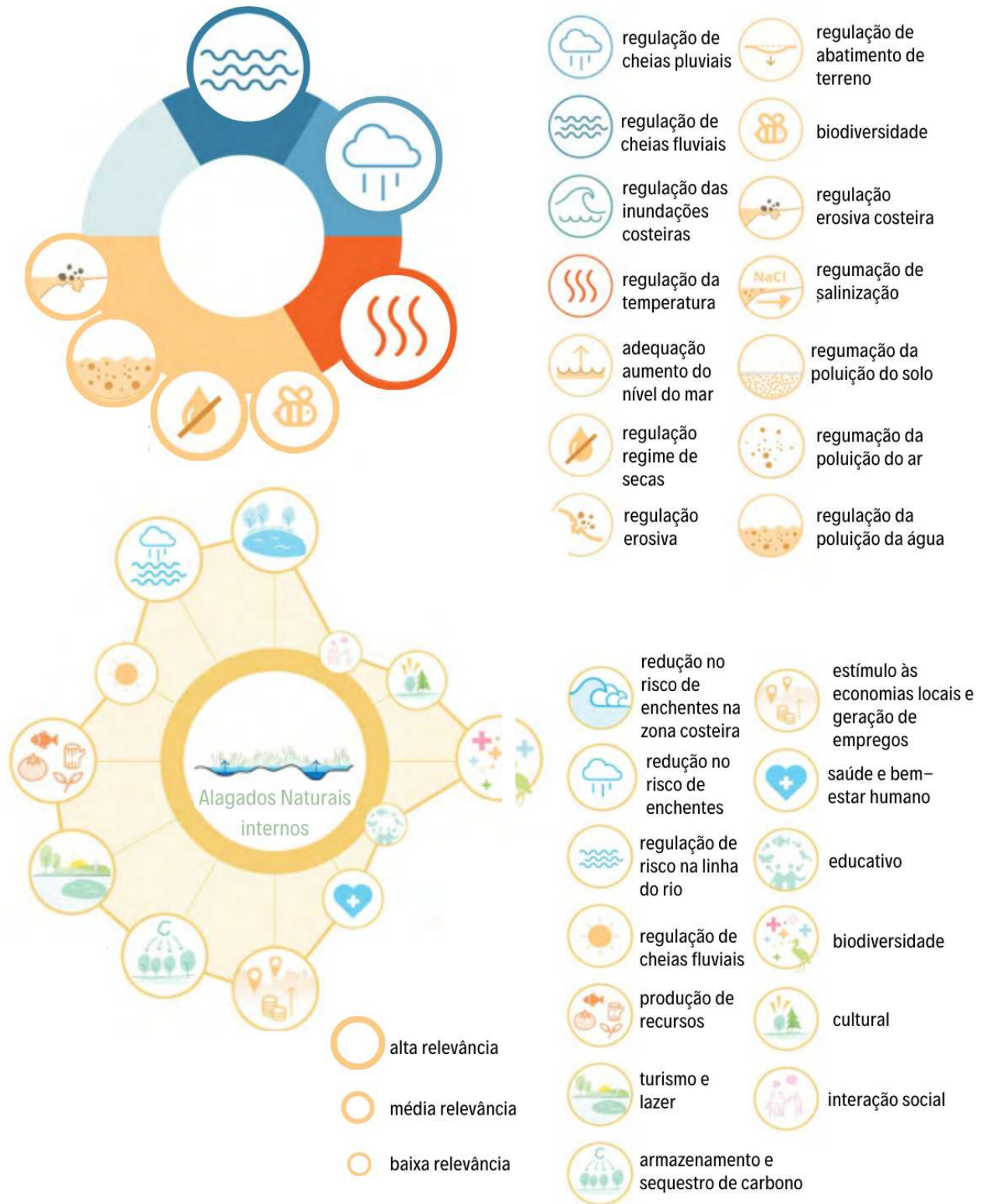
Por ter fluxo de água lento, promovem, juntamente com a vegetação, a deposição de sedimentos, considerando alguns aspectos a fim de evitar processos de erosão, o que compromete a função do sistema.

Com relação à biodiversidade, os sistemas naturais apresentam-se como grandes habitats de aves aquáticas migratórias que utilizam a área para alimentação, estações migratórias e locais de reprodução. Como exemplo em contexto brasileiro, tem-se uma *wetland* natural localizada no Município de Caucaia, na zona oeste do litoral cearense, ilustrada na foto a seguir (Imagem 5).

No âmbito social, podem proporcionar para a comunidade locais de lazer e apreciação, como possibilitar a contemplação da natureza e estimular o desenvolvimento de atividades de lazer, pesca, esportes, observação de pássaros, canoagem e passeios de barco (WOOD & VAN HALSEMA, 2008; WORLD BANK, 2021).

Como armazenamento de compostos orgânicos, participam ativamente do processo de armazenamento e sequestro de carbono, juntamente com a composição paisagística de espécies vegetais. Auxilia também no estímulo da economia local e geração de empregos, com a prática de culturas de subsistência, estimulando o processo de soberania alimentar para a população local, bem como a geração de empregos para conservação da área (Figura 4).

Figura 4- SEs associados às wetlands naturais.



Fonte: Adaptado e traduzido de World Bank (2021).

Imagem 5- Alagado Natural na Lagoa das Cristalinas, Caucaia, Ceará.



Fonte: Arquivo Pessoal (2024).

3.2 Os Sistemas Construídos

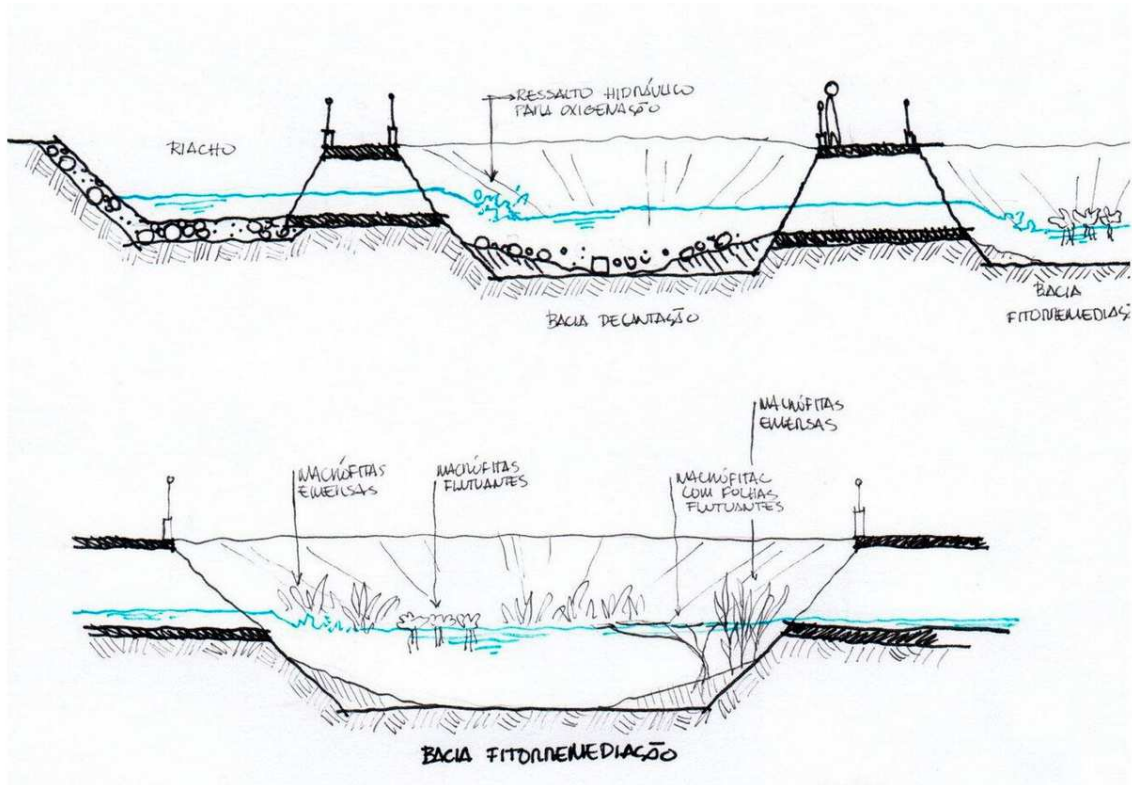
O sistema de Alagados Construídos (SACs), similares aos Alagados Naturais (SAN), quanto aos processos e funções que desempenham, e diferentes quanto a sua origem: enquanto as Zonas Úmidas naturais são provenientes de um meio natural, as Zonas Úmidas Construídas são artifícios construídos artificialmente, a fim de mimetizar esses processos com o intuito de gerar os benefícios que sua versão natural fornece em termos de serviços ecológicos, envolvendo a presença da vegetação, do solo e a ação microbiana para auxílio no tratamento de águas residuais, bem como no processo de provisão de serviços ecossistêmicos a este associados (WORLD BANK, 2021).

É possível apontar como objetivo em sua implementação é a melhoria da qualidade da água e controle de enchentes, seguido de serviços ecossistêmicos benéficos associados como a promoção de espaços para o desenvolvimento de

atividades sociais, culturais e lúdicas por possuir alto valor agregado trazendo benefícios diretos ao ecossistema e à população em geral, com o fornecimento de Serviços Ecossistêmicos (SE) (KADLEC & KNIGHT, 1996).

Seu sistema é constituído de um ou mais unidade de tratamento escavados no solo ou construídos sob este (ou ambos), onde recebem uma camada de impermeabilização nas laterais e no fundo, contendo dispositivos de entrada e de saída, constituídos por uma matriz orgânica, preenchida com material filtrante, como brita e terra vegetal, onde estará fixada a vegetação (THE CITY CLIMATE FINANCE GAP FUND, 2023). É dividida em bacia de decantação, que serve como área de decomposição de sólidos com maior granulometria fazendo o uso de material de suporte como seixo e macadame, e em bacias sequenciadas de fitorremediação, que visam o tratamento sequenciado da água através de uma bateria de células sendo direcionadas até sua conexão de lançamento no efluente (saída). Na figura a seguir (Figura 5), é possível observar a sequência que compõem seu sistema de tratamento do SAC do Parque Rachel de Queiroz, com a conexão de entrada (Riacho), sendo encaminhada para a Bacia de Decantação e seguindo o tratamento na Bacia de Fitorremediação, que recebe o incremento do tratamento com as espécies macrófitas.

Figura 5- Corte esquemático do SAC de Fluxo Superficial do Parque Rachel de Queiroz.



Fonte: Archidaily, 2022.

Para este dispositivo, é possível citar fatores de adequação ambiental: a Localização e o clima da região e ser implantada, desempenhando melhor em regiões de climas tropicais e temperados; a hidrologia e o solo, garantindo que níveis apropriados de saturação do solo e inundação sejam levados em consideração, já que em alguns casos sua base requer revestimento para evitar qualquer contaminação das águas subterrâneas; a qualidade da água, já que a assimilação de poluentes tem relação direta com o dimensionamento do alagado construído e com sua área de captação.

Como fatores de adequação técnica, o declive é essencial já que o tempo de retenção da água influencia diretamente na otimização do seu tratamento; as suas dimensões, pois estas zonas devem ser concebidas para ocupar de 2% a 5% da área de drenagem contribuinte e a sua zona de plantio, fundamental pois contribui com a redução de velocidade do fluxo das águas pluviais, fornecendo uma região para o desenvolvimento de plantas que possuem em sua zona radicular uma microbiota capaz de auxiliar na absorção de poluentes (WORLD BANK, 2021).

3.2.1 O Processo da Fitorremediação

A fitorremediação consiste em um processo inerente às espécies vegetais empregado tanto no tratamento das águas residuais urbanas, bem como na descontaminação do solo e do ar (DHIR, KENNEN & KIRKWOOD, 2016). A NBR 9648, norma que trata sobre o estudo e concepção de sistema de esgoto sanitário, classifica os esgotos sanitários como “despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (ABNT, 1986, pg. 1).

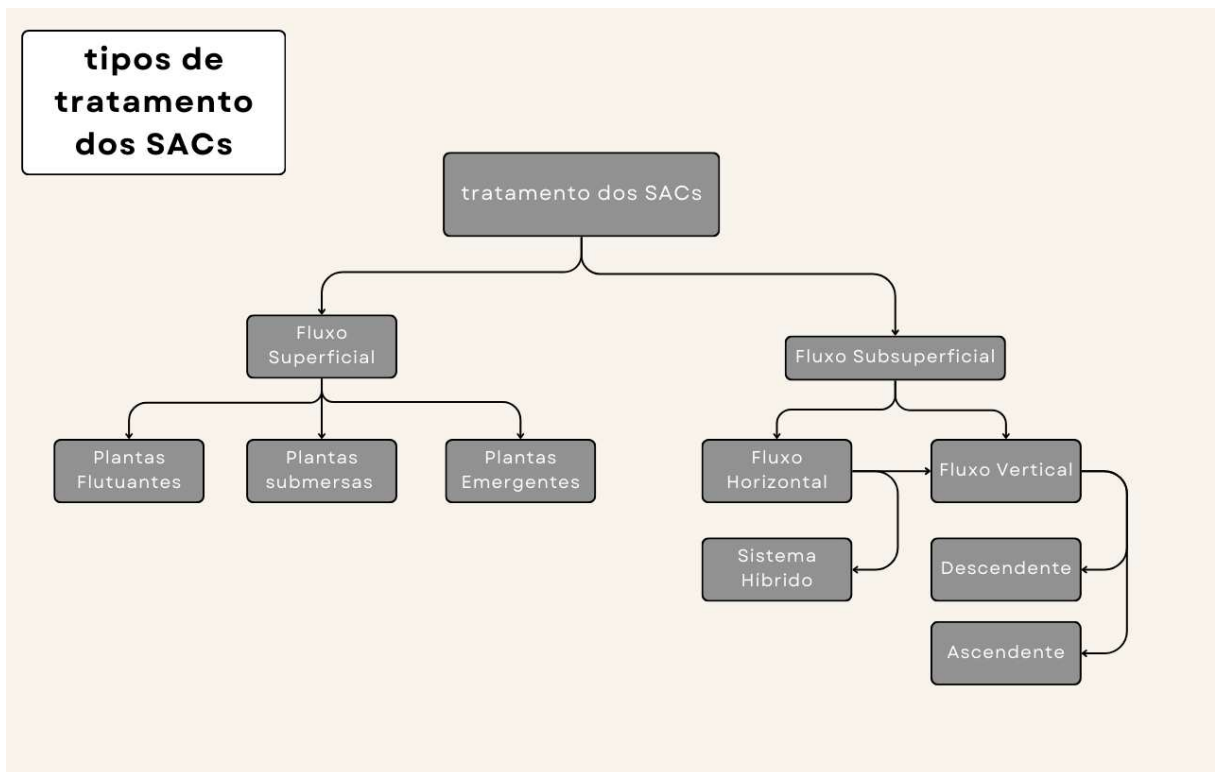
Para este estudo, será considerada a fitorremediação para o tratamento de águas residuais de origem doméstica e de contribuição pluvais parasitária, que contêm carga poluidora de origem orgânica e inorgânica. Por se tratar de um processo natural e baixo custo de implantação e baixo impacto comparado a outras estratégias de tratamento da água *in situ*, representa uma estratégia atrativa e viável na remoção, degradação ou imobilização do contaminante de interesse com associação direta à vegetação (EPA, 2001; DHIR, 2013; KENNEN & KIRKWOOD, 2015; PINHEIRO, 2017), além de contribuir para a oferta de SE, tão importante no combate às mudanças climáticas das zonas urbanas que já sofrem com os desafios da massiva antropomorfização (RUBY; APPLETON, 2010; PINHEIRO, 2017).

Este é um processo associado aos dispositivos de SbN do tipo *Wetland* Construído que pode ser incorporado aos projetos de IEV como estratégia para RE de zonas úmidas em contexto urbano, por isso vale compreender de maneira mais clara os tipos diferentes de *Wetlands* Construídos, os mecanismos associados a esses dispositivos, bem como os contaminantes a serem tratados e a seleção de espécies mais aptas neste processo.

3.3 Tipologias e Funções Associadas

Podem ser classificadas quanto às suas características hidráulicas (fluxo da água) em duas principais tipologias, a saber: fluxo superficial a e de fluxo subsuperficial, que está dividida em horizontal, vertical e híbrido (SEZERINO, 2015).

Figura 6- Tipos de Tratamento dos SACs.



Fonte: Adaptado de Lima (2016), baseado em Sezerino (2015).

3.3.1 Wetland Construído de Fluxo Superficial (WCFS)

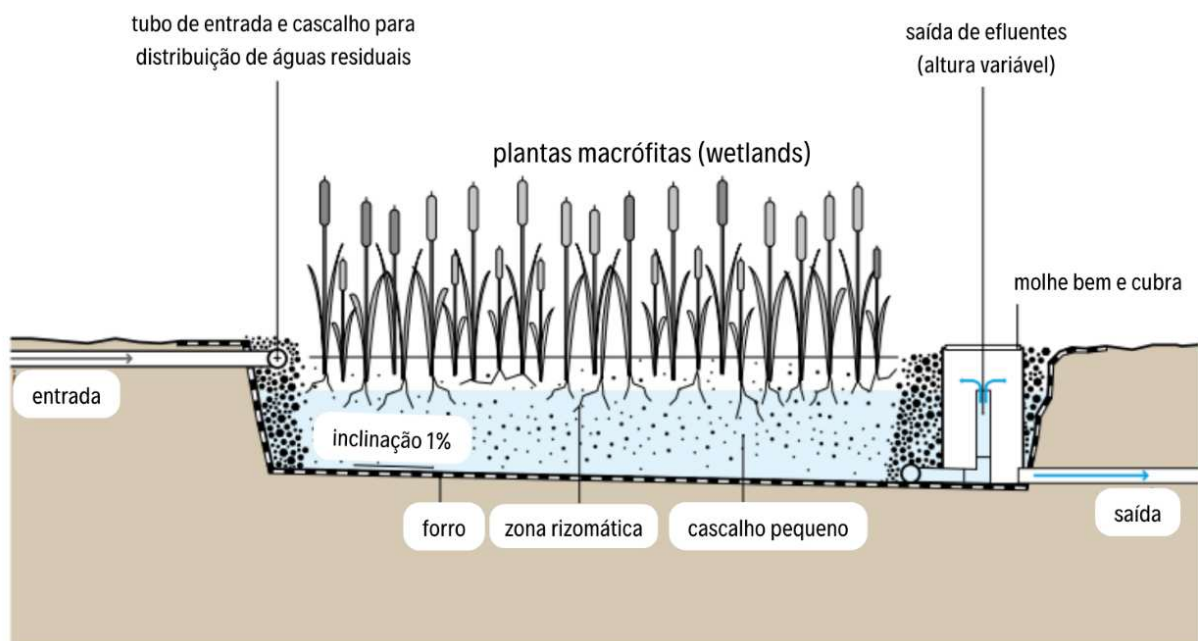
Este sistema assemelha-se aos alagados naturais pois possui uma lâmina de água aparente em sua superfície. Exigem uma área de maior implementação quando comparados com os Alagados Construídos de Fluxo Subsuperficial. Diferente dos outros sistemas de tratamento, este é utilizado para gestão das águas urbanas pluviais com o objetivo de mitigar a poluição difusa. Dessa forma, é recomendada que sua instalação junto ao sistema de drenagem urbana convencional, para que seja possível interromper pouco antes de atingir o corpo hídrico receptor, reduzindo ao máximo sua carga poluidora e assim oferecer melhor performance no tratamento das águas superficiais, por isso a recomendação é que seu dimensionamento seja de 1 a 5% da área de captação, além de uma distribuição entre células estratégica para manter a eficiência do sistema (RUSSEL, 2021).

3.3.2 Wetland Construído de Fluxo Subsuperficial (WCFSS)

Para os dispositivos de fluxo subsuperficial, o efluente escoar abaixo do nível do substrato e apresentam maior eficiência na remoção de poluentes por área e por isso são os mais indicados para tratamento de efluentes com maior carga

poluidora. Podem ser do tipo horizontal ou vertical, diferenciando-se com relação à direção do escoamento em cada unidade de tratamento, além da forma híbrida, somando a eficiência dos dois sistemas. Por ser uma tecnologia flexível capaz de abrigar inúmeros processos, sendo eles de natureza física, química e (micro) biológica, pode ser utilizado no tratamento de diversos tipos de efluentes, podendo ser eles de origem residencial, industrial, agrícola, lixiviados de aterros sanitários, lodos, além de serem empregados na recuperação de corpos hídricos com alta carga poluidora. Sua implantação admite uma ampla gama de aplicações, permitindo também ser implementado em diversas no contexto urbano, desde o lote, a vizinhança e o município. Quando comparada com outras tecnologias, tem bom custo-benefício de implantação e manutenção, além dos serviços ecossistêmicos ofertados desde sua implantação (ZAO; SEZERINO & PELISSARI, 2021) (Fig. 7).

Figura 7 - Wetland Construído de Fluxo Subsuperficial (WCFSS).



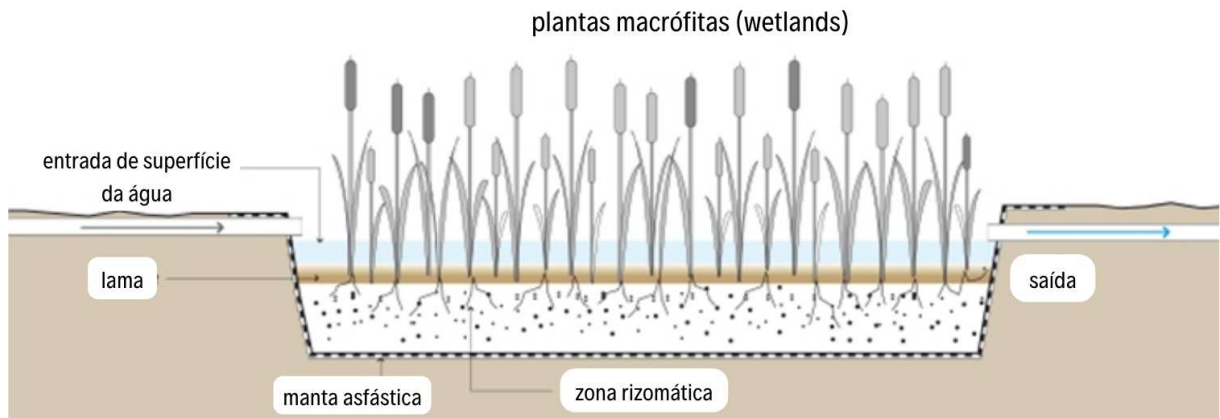
Fonte: Tilley et al., 2014.

3.3.3 Wetland Construído de Fluxo Horizontal (WCFH)

Para este sistema, é prevista uma tubulação de alimentação está localizada em uma extremidade e a de coleta do esgoto tratado na extremidade oposta, favorecendo o escoamento da água em sentido horizontal estimulado por declividade de fundo e plantado com macrófitas emergentes do tipo rizomatosas que, através do seu sistema radicular, em associação com a comunidade

microbiana, favorece processo do tipo anaeróbio, apresentando maior eficiência na remoção de Nitrogênio, Fósforo e de metais pesados (ESTEVES, 1998; USEPA, 2000; MOTA & VON SPERLING, 2009; MACHÍ, 2018; SEZERINO & PELISSARI, 2021) (Fig. 8).

Figura 8 - Wetland Construído de Fluxo Horizontal (WCFH).

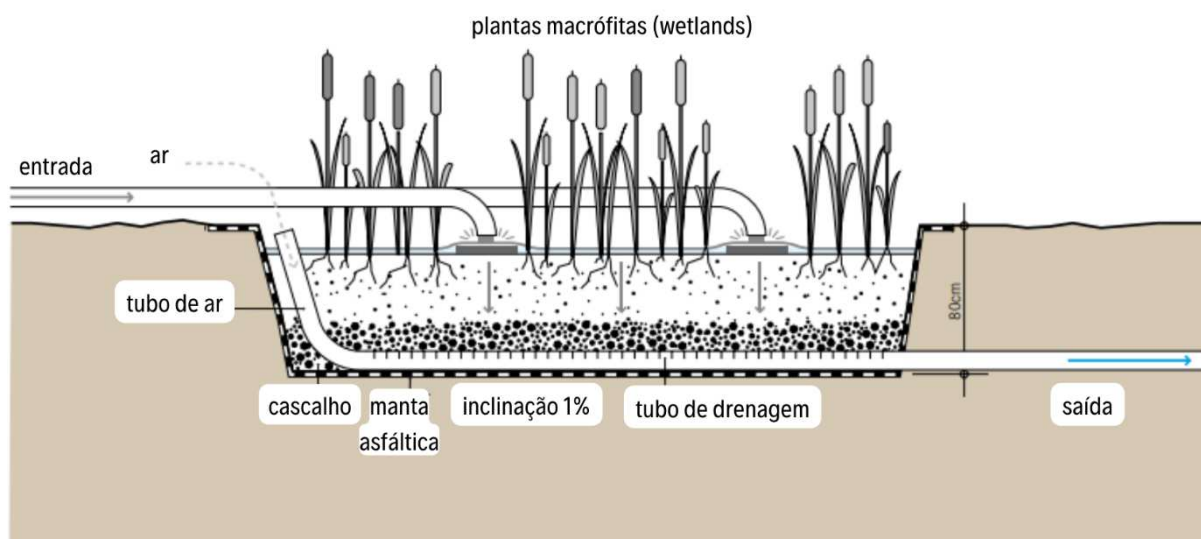


Fonte: Tilley et al., 2014.

3.3.4 Wetland Construído de Fluxo Vertical (WCFV)

Os sistemas de fluxo vertical são aqueles onde o efluente percorre uma superfície vertical, podendo ser no sentido ascendente ou descendente, onde a tubulação que alimenta o sistema localiza-se abaixo da superfície do meio filtrante. O efluente percola até o fundo do tanque onde está localizada a tubulação de coleta. O tanque é alimentado de maneira intermitente por bateladas (motobombas ou sifão) permitindo maior volume de ar a ser bombeado para as zonas de camadas do meio filtrante, estimulando processo aeróbios e favorecendo quebra da matéria orgânica e a nitrificação. Um exemplo desse sistema é o Sistema Francês, implementado no plano de requalificação do Rio Sena, na França (Fig. 9).

Figura 9 - Wetland Construído de Fluxo Vertical (WCFV).



Fonte: Tilley et al., 2014.

3.4 Principais elementos dos *Wetlands* Construídos

3.4.1 Escolha das Macrófitas Aquáticas

As macrófitas aquáticas desempenham um fundamental no processo de fitorremediação para reabilitação de corpos hídricos, pois encontram no ambiente alagado um meio propício para o seu desenvolvimento e suas diversas formas de vida, estando totalmente submersa por um período do ano ou por quase todo o ano, além de se apresentar de maneira flutuante (IRGANG & GASTAL JR., 1996; OLIJNYK, 2008; PINHEIRO, 2017; XAVIER et al., 2021).

Devido a seus processos de evolução, dotou-se de capacidades adaptativas morfológicas favoráveis a sobreviver em ambiente aquático, com estruturas especializadas para garantir sua flutuação como cutícula fina, tecidos esponjosos (aerênquima), caules ocos e pêlos hidrofóbicos que repelem a água e com a floração ocorrendo fora da água (SCREMIN-DIAS et. al, 1999; XAVIER et. al, 2021).

De acordo com sua forma biológica, podem ser divididas em: Anfíbias, Emergentes, Flutuantes Fixas, Flutuantes Livres, Submersa Fixa, Submersa Livre e Epífitas. Considerando a zona de influência típica para cada uma dessas formas biológicas, é possível prever que as espécies anfíbias e emergentes se encontram sempre à margem das zonas alagadas e mais rasas, enquanto as espécies fixas e de folhas flutuantes ocupam ponto mais intermediários e, por sua vez, povoam as espécies flutuantes livres e submersas, respectivamente (ESTEVES, 1998; PEDRALLI, 1990; PILON-SMITS 2005; DHIR, 2013; XAVIER et al. 2021).

Como exemplo, cita-se o catálogo das espécies utilizadas no Projeto do SAC do Parque Rachel de Queiroz que pode ser visto na tabela a seguir, juntamente com informações sobre seu tipo de vida e seu desempenho no tratamento das águas urbanas através do processo de Fitorremediação (**Tabela 3**).

Tabela 3- Caso Parque Rachel de Queiroz. Escolha das espécies segundo desempenho da Fitorremediação.

Tipo de Vida	Indicação de Espécies Parque Rachel de Queiroz	Escolha das espécies pela Fitorremediação
Anfíbias ou Híbridas [Anf]	<i>Echinodorus subalatus</i> Golfe	Redução do níveis de Nitrogênio (Bermudez, 2023)
Emersas ou Emergentes [Eme]	<i>Typha domingensis</i> Taboa	Tratamento de metais Cr, Ni, Zn e P); metais pesados, Sólidos Suspensos Totais (SST), DBO; Nitrogênio Kjeldahl, Al, Fe, Zn e Pb
Flutuantes Fixas ou com folhas flutuantes [FoFlu] [FluFx]	<i>Nymphaea lasiophylla</i> Ninféia	Redução do níveis de Fósforo (Bermudez, 2023)
	<i>Eichhornia crassipes</i> Aguapé	Fitorremediação de nutrientes N e P; metais Pb, As, Hg, Zn, Se, Cr, Cd, Ni, Cu; metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos (amônia, nitrato e fósforo), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), turbidez e resíduos da indústria; Hidrocarbonetos; Cr, Cu, Cd, Ni, Zn, Hg

<u>Flutuantes livres [FluLV]</u>	<i>Pistia stratioides</i> Alface d'água	Tratamento de metais As, Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Mn, Compostos orgânicos aromáticos e nitrato; antibióticos
	<i>Sauvinia auriculata</i> Orelha de onça	Tratamento de Pb; e N e P de ambiente eutrofizado

Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Pinheiro (2017), Bermudez (2023), Esteves (1998), Pedralli (1990), Xavier, (2021).

Vale ressaltar que para fins de performance na paisagem, a escolha das espécies sempre estará vinculado ao que se pretende propor enquanto cenário como, por exemplo, obter máxima eficácia na remoção de determinados nutrientes, interesse estético ou máxima produção de biomassa: isso dependerá do objetivo a ser alcançado em projeto, mas sempre se deve lembrar que esses objetivos podem também trabalhar de maneira conjunta e articulada, a fim de garantir um maior número de atributos funcionais dentro de um mesmo recorte espacial.

3.4.2 Meio de Suporte

Materiais como brita, solos com baixa concentração de argila e alta permeabilidade e que promovam alta atividade microbológica são bem-vindos, porém podem ser utilizados também casca de arroz, casca de coco, escória de aciaria (subproduto do aço), cerâmica, bambu, areia, argila e casca de arroz, brita e areia. A forte influência exercida por esses substratos pode ser verificada na adsorção de compostos orgânicos como a amônia (NH₃) e o ortofosfato (P-PO³-4), além de estar diretamente relacionados com a capacidade manter bons os níveis de condutividade hidráulica¹ (LIMA, 2016).

3.4.3 Microorganismos

A comunidade microbiana desempenha papel fundamental na atividade de redução dos poluentes em meio aquoso, já que essa degradação faz parte de um processo para “obtenção de energia e rica fonte de carbono para o funcionamento

¹ capacidade de um solo transmitir água. (Fonte: <https://metergroup.com/pt-br/>)

do seu metabolismo e reprodução”. São participantes ativos deste processo: algas, fungos, protozoários e bactérias (SILVA, 2009 apud LIMA, 2016).

3.5 Mecanismos Associados aos Sistemas de Alagados

Considerando a função desempenhada por cada dispositivo de SbN no tipo Alagado Construído, é possível vincular os mecanismos de fitorremediação e as espécies mais aptas para cada função desempenhada pela vegetação, podendo estas serem divididas em dois diferentes mecanismos, dos quais são os de ação direta (quando o contaminante é sintetizado diretamente pela vegetação) e os de ação indireta (quando o contaminante é sintetizado através da ação de outros microorganismos como as bactérias), posso é possível ver na tabela a seguir (PINHEIRO, 2017) (Tabela 4).

Tabela 4- Tabela síntese dos mecanismos de fitorremediação associados às tipologias de SACs.

Mecanismos de Fitorremediação		
Ação direta		
SACFSup, SACFSubHorizontal, SACFsubVertical	Fitoextração	Função: A planta captura, armazena em sua estrutura para então ser retirada. Remediação: Remoção de metais e metalóides (Inorgânicos) Espécies indicadas: Plantas do tipo hiperacumuladoras. Tratamento: Extração completa da planta.
	Fitodegradação	Função: A planta destrói o contaminante. Remediação: Degradação e/ou destruição completa do contaminante no interior da planta.
	Fitovolatilização	Função: A planta transforma o contaminante em gás. Remediação: Absorção do contaminante pelas raízes sendo conduzidas para as folhas para fins de volatilização, mudando o estado físico-químico do contaminante.
	Rizofiltração	Função: O contaminante é filtrado da água pelas raízes e pelo solo. Remediação: Mecanismo onde ocorre a adsorção ou absorção de compostos

		inorgânicos pelas raízes.
Ação indireta		
SACFsubVertical	Fitoestabilização	Função: A planta estabiliza e mantém o contaminante no lugar. Mecanismo de remediação que promove a imobilização de contaminantes a ser tratado no solo ou na zona de raiz da planta. A ação imobilizadora do contaminante ocorre devido a ação da rizosfera, tornando-o menos biodisponível, conseqüentemente servindo para controlar a ação tóxica do contaminante no solo

Fonte: Adaptado de Moreno & Sigolo (2007), UACDC (2010), Kennen & Kirkwood (2015), Pinheiro (2017).

3.6 Seleção de Parâmetros IQA para *Wetlands* Construídos

Um *wetland* construído permite o tratamento de águas residuais por meio de processos físico-químicos favorecidos por estas zonas. Como dito anteriormente, para esta pesquisa, utilizou-se os parâmetros típicos previstos pela resolução do CONAMA 357/05, 357/2011 e 274/2000 para Águas Doces, classe II. Como critério de análise da qualidade da Água, tem-se: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO5 (mg/L), Sólidos Dissolvidos Totais – SDT (mg/L), Fósforo Total – PT(mg/L), Nitrogênio Total - NT (mg/L), Oxigênio Dissolvido- OD (mg/LO₂), pH, Turbidez (NTU), *Escherichia coli* (média) e Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL).

3.6.1 Demanda Bioquímica De Oxigênio (DBO5)

Parâmetro utilizado para identificação da presença de matéria orgânica na água. Definida como a quantidade de oxigênio necessária para que a oxidação bioquímica aconteça, ou seja, é um bioensaio capaz de indicar o consumo de oxigênio por organismos vivos (sobretudo as bactérias) enquanto sintetizam a matéria orgânica. Geralmente são estimadas a partir da comparação das amostras preparadas antes e após um período de 5 dias de incubação, a 20°C.

3.6.2 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Parâmetro essencial na determinação da qualidade estética da água potável, podendo também ser um indicador importante da presença de produtos químicos contaminantes. As principais fontes de STD em águas receptoras têm origem agrícola e residencial, bem como podem ser originárias de indústrias, com fontes pontuais, além de ter origem através da poluição difusa.

3.6.3 Fósforo Total (PT)

O fósforo é um elemento essencial para o desenvolvimento dos organismos, podendo este ser o nutriente que limita a produtividade de um corpo hídrico (PIVELI; KATO, 2005). Sua presença tem relação direta com os processos de ordem natural como a dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica e a processos antropogênicos como o lançamento de efluentes como esgoto doméstico, detergentes, fertilizantes e pesticidas. A sua descarga nos corpos hídricos, através de esgoto bruto ou tratado, pode representar ameaça para o ecossistema aquático pois em altas concentrações estimulam o crescimento de macro e microrganismos aquáticos, sendo um dos grandes responsáveis pela eutrofização.

3.6.4 Nitrogênio Total (NT)

Faz referência à combinação de íons amônio (processo responsável pela fixação de nitrogênio) e do nitrogênio orgânico (originário da matéria orgânica presente na água). A maioria dos processos que envolve o nitrogênio é realizada por microrganismos encontrados no meio de suporte, como os fungos e as bactérias (SILVA, 2009 apud LIMA, 2016).

3.6.5 Oxigênio Dissolvido (OD)

Componente essencial para o metabolismo dos microrganismos aeróbios, o oxigênio dissolvido (OD) presente em meio aquoso é indispensável para os seres vivos, principalmente os peixes que não sobrevivem com concentrações abaixo de $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ (KEGLEY & ANDREWS, 1998 apud PARRON et al., 2011). Em temperatura ambiente, apresenta maior saturação. Com o apoio da fotossíntese realizada pelas plantas aquáticas, sua concentração tende a aumentar, devido a

presença de O². Seu decréscimo tem relação direta com a diminuição da temperatura e da eutrofização das águas (CLESCERI et. al, 1999 apud PARRON et al., 2011).

3.6.6 pH

O pH é uma grandeza que determinado a intensidade da acidez em meio aquoso, podendo variar de 0 a 14, considerando pH<7,0 (ácido), pH=7,0 (neutro) e pH>7,0 (básico) (PARRON et al., 2011). A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos é fundamental já que determinadas condições de pH contribuem para a predominância de alguns elementos químicos tóxicos para o meio como os metais pesados (PIVELI; KATO, 2005). Em águas naturais, o pH costuma estar entre 4 a 9, apresentando-se ligeiramente básica devido à presença de bicarbonatos e carbonatos de metais alcalinos e alcalinos terrosos (CLESCERI et. al, 1999).

3.6.7 Turbidez

A turbidez consiste no grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Essa atenuação ocorre devido aos sólidos em suspensão presentes nas amostras de água que podem ser fragmentos de areia, argila, silte, algas, detritos e etc. Sua principal fonte está vinculada aos processos erosivos do solo, bem como a quantidade de material sólido carregada pelas águas urbanas. Outras atividades como a mineração e lançamentos de detritos industriais influenciam no seu aumento. Seu valor elevado nas águas superficiais afeta diretamente o ecossistema aquático bem como pode influenciar em atividades de lazer (ANA, 2010).

3.6.8 *Escherichia coli* e Coliformes Termotolerantes

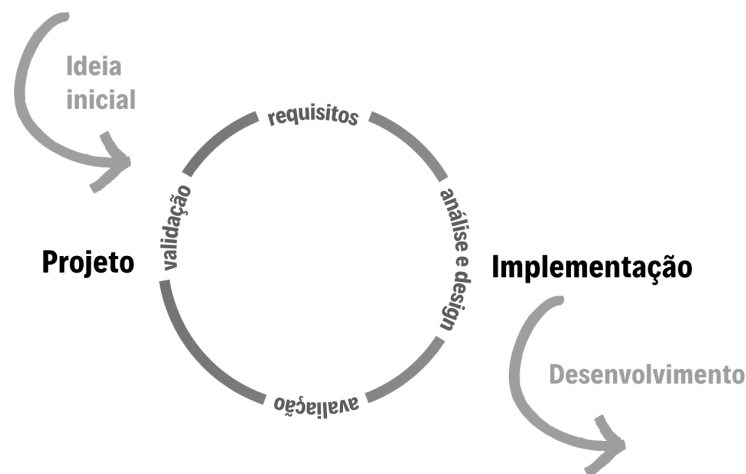
Parâmetros vinculados ao grau de balneabilidade de um corpo hídrico. Afeta diretamente atividades de recreação e o abastecimento público da água, podendo ser um importante indicativo para a liberação do corpo hídrico para uso direto ou indireto.

4. Método e critérios para Aplicação no Estudo de Caso

4.2 *Design* de Interação como método de funcionamento do *framework*

O método *design* de interação é definido como, segundo Preece, Rogers e Sharp (2005 p.28), o “*design* de produtos interativos que fornecem suporte às atividades cotidianas das pessoas, seja no lar ou no trabalho, ou na escola”. Especificamente, significa criar experiências que melhorem e estendam a maneira como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem”.

Figura 10 - Método *design* de interação para construção do *framework*.



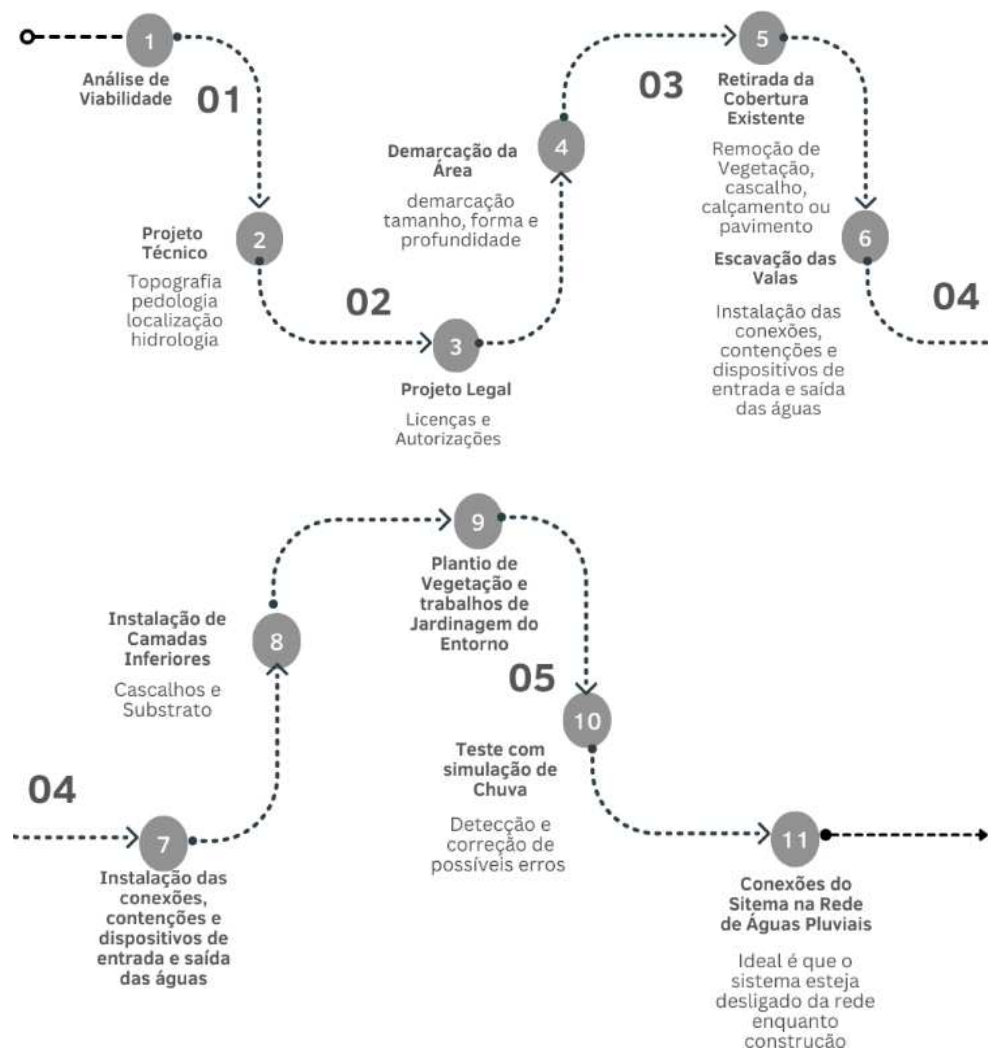
Fonte: Preece, Rogers e Sharp (2005).

Através do método *Design* de Interação, visando a otimização do funcionamento do *framework* para os usuários, é possível listar uma estrutura básica a ser contemplada durante o processo de seu desenvolvimento, a saber: (Projeto: compreendendo a etapa de validação, reunião de requisitos, análise e design de alternativas, avaliação e validação) e Implementação (Figura 10). Para este caso, iremos sistematizar os requisitos, analisar o design de alternativas (cenários modelados) para em seguida validar a proposta ou retomar a etapa de requisitos visando o aprimoramento do *framework*.

Para realização da etapa de definição de requisitos, foram extraídas da revisão de literatura realizada na etapa anterior, através dos parâmetros definidos em literatura para a elaboração tradicional de projetos de alagados construídos. Dessa forma, torna-se indispensável o entendimento no processo global de elaboração de SACs, desde seu processo de concepção, implementação,

manutenção e monitoramento no local. Portanto, é possível dividir esses processos, a depender do tipo de informação vinculada ao processo envolvido, em quatro tipos, a saber: 1- Prospeção/Detecção, fazendo referência às etapas de análise de viabilidade e elaboração do projeto técnico, com a reunião de informações sobre topografia, pedologia, localização e hidrografia; 2- Projeto Legal, para a obtenção de licenças e autorizações do projeto; 3- Implementação, com a retirada da cobertura existente, além das escavação das valas; 4- Instalação de IEV, com a instalação das conexões e dispositivos de entrada e saída de água, além da etapa de plantio do jardim e do entorno e uma etapa final de 5- Simulação, que faz referência aos testes com simulação de chuva para detecção de possíveis erros para correção. Após essa etapa, os ajustes são realizados para que o sistema seja ligado na rede de drenagem (Figura 11).

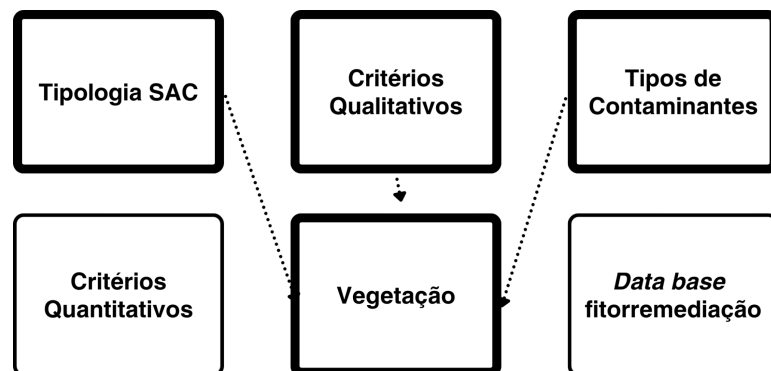
Figura 11- Processo tradicional de concepção de um SAC.



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS-CGEE, 2022.

Essas informações foram agrupadas em 5 grandes grupos, e a partir do esquema anterior, foi possível organizar um esquema para elaborar o framework, como é possível observar na figura a seguir (Fig. 12).

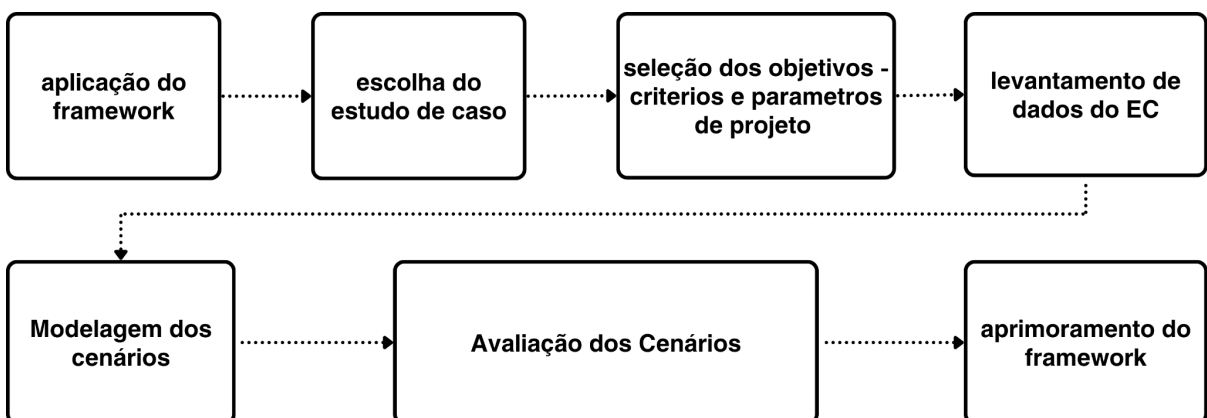
Figura 12 -Reunião de informações para elaboração do Framework.



Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da seleção do estudo de caso, serão selecionados os objetivos, critérios e parâmetros do projeto para a realização das modelagens dos cenários propositivos. Após a etapa de avaliação do cenários, é proposto um aprimoramento do framework seguindo o método design de interação como visto anteriormente. O esquema pode ser conferido na figura a seguir (Figura 13).

Figura 13 - Etapas do processo de aplicação do framework.

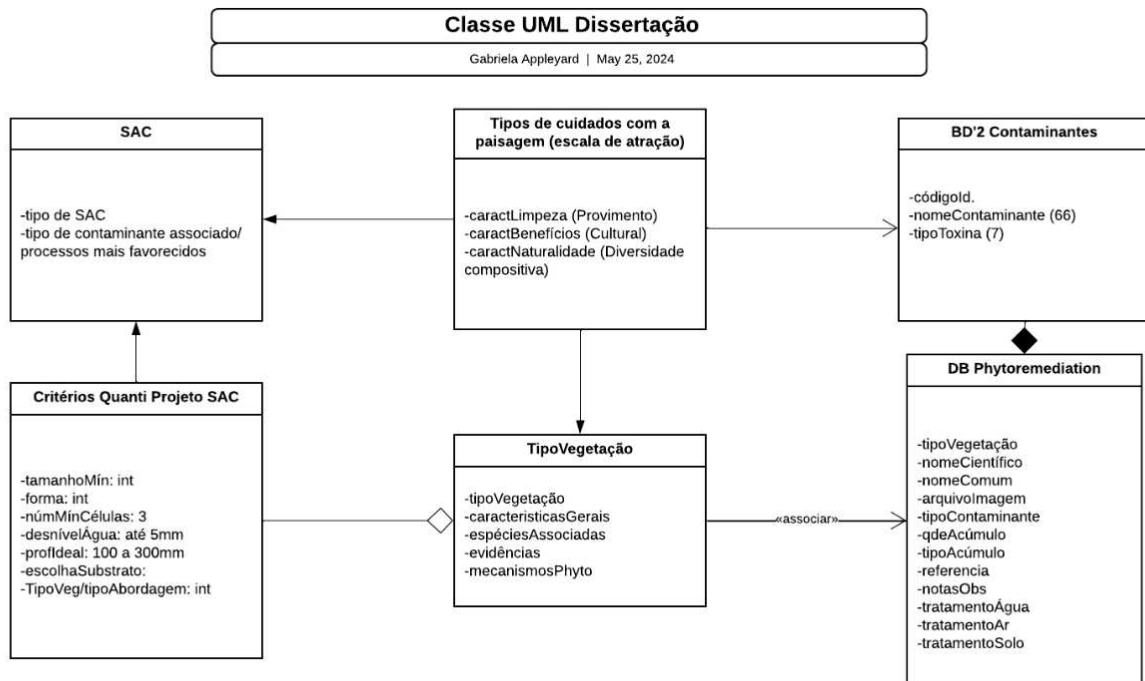


Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 Diagrama de Classes UML como método de elaboração do *framework*

Por definição, é uma linguagem de Modelagem padronizada de uso geral que faz uso de diagramas para definição de uma estrutura base para concepção de catálogos, processos e ferramentas de maneira independente de uma plataforma de destino (FOWLER & SCOTT, 2000; BLAHA & RUMBAUGH, 2004). Foi utilizada a linguagem UML para elaboração do *framework* por meio de declaração de classes básicas e todos os atributos que cada classe deve ter. A partir dessa definição, criou-se uma instanciação dessas classes e foram estabelecidos seus relacionamentos, como é possível observar na figura a seguir (Fig. 14).

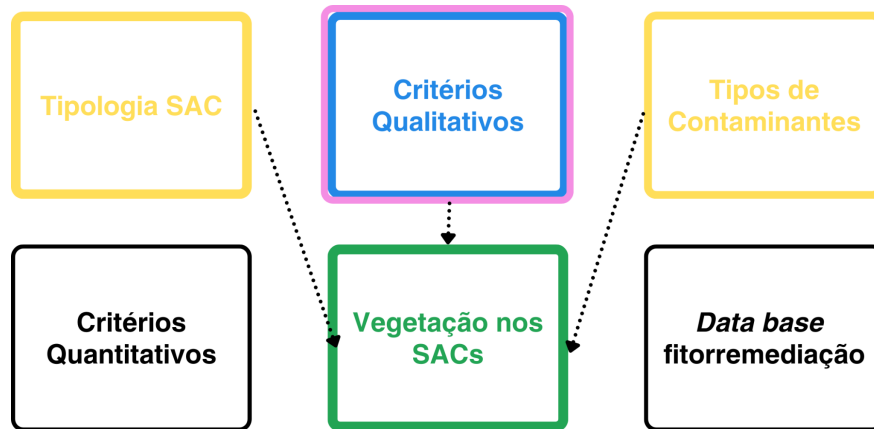
Figura 14 - Classe UML com as informações necessárias para a elaboração do projeto de SAC.



Fonte: Elaborado pela autora, através da ferramenta Lucidchart.

Para a definição dos cenários propositivos para o estudo de Caso do Parque Rachel de Queiroz, será utilizado o modelo proposto (Fig. 15), que faz referência ao desempenho pautado na remoção de poluentes, no aspecto visual da água e na manutenção da biodiversidade. Como o nosso modelo já está implementado in loco, esta pesquisa se atém a esses três aspectos, como será visto a seguir.

Figura 15 - A Modelagem dos cenários propositivos será pautada nos três aspectos a seguir.

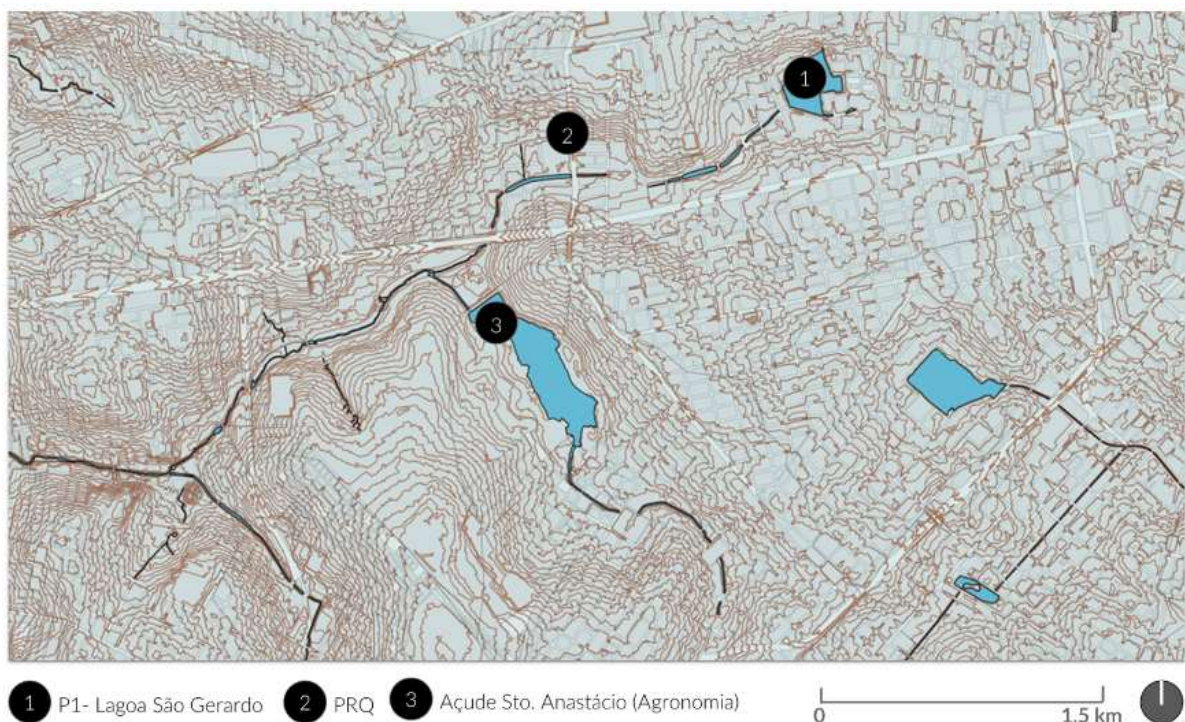


Fonte: Elaborado pela autora.

5. CENÁRIOS MODELADOS

Os cenários performáticos a seguir foram modelados tendo como Estudo de Caso os SAC do Parque Rachel de Queiroz. Considerando que o sistema de alagados construídos é do tipo subsuperficial (SACSubS), serão utilizados os critérios associados à essa tipologia, bem como as espécies macrófitas selecionada para a elaboração do projeto a fim de mensurar a os quanto à oferta de Serviços Ecosistêmicos na região, tendo em vista os parâmetros de IQA e de Valoração Cênica. Considera-se que cada aplicação específica deve buscar a adoção de dados de entrada e critérios de projeto que melhor reflitam a realidade local. Como os dados de monitoramento do SAC do PRQ não foram disponibilizados por nenhum órgão da Prefeitura após um ano de operação. Com o intuito de analisar a qualidade da água (afluente) neste trecho, para esta análise, foram utilizados os dados de Coleta de Água do Riacho Cachoeirinha para dois pontos extremos e exteriores ao Parque que são monitorados e disponibilizados no Site Fortaleza em Mapas, da Prefeitura Municipal de Fortaleza. O Ponto 1, faz referência à lagoa São Gerardo, que é o ponto mais a Sul e anterior ao SAC; e o Ponto 3, que é o Açude da Agronomia, que é o ponto mais à oeste e posterior ao sistema. O Ponto 2 é o próprio Parque, que abriga do SAC, como é possível observar no mapa e na tabela a seguir. (Mapa 2 e Tabela 5).

Mapa 2- Pontos de Coleta de Análise da Água.



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 5- Análise da Água nos Pontos 1 e 3 (2017-2022).

ENSAIO FÍSICO-QUÍMICO (FQ)									ENSAIO MICROBIOLÓGICO (MICRO)		
DATA COLETA	LOCAL	DBO (mg/L)	SDT (mg/L)	FT (mg/L)	NT (mg/L)	OD (mg/L O2)	PH	TURBIDEZ (NTU)	<i>Escherichia coli</i> (Média)	COLIFORMES T. (UFC/100 mL)	Resultado
V.R. CONAMA 357/2005 + CONAMA 274/2000		<5	-	<0,05	-	>=5	>6; <9	<100	<=2.000 (ml)	<=2.500 (ml)	
(31/03/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	78.270,00	-	N/A
(20/04/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	30.060,00	-	N/A
(28/07/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	26.774,00	-	N/A
(07/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	25.100,00	-	N/A
(11/08/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	33.438,00	-	N/A
(15/09/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	12.062,00	-	N/A
(22/09/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	35.728,00	-	N/A
(20/10/2017)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	29.884,00	-	N/A
(27/05/2019)	01 ALA	13,20	453,00	0,38	4,89	6,08	7,90	10,00	2.400,00	3.200,00	N/A
	02 AGR	16,50	399,00	0,24	6,57	5,40	7,40	13,20	1.800,00	2.300,00	N/A
(17/06/2019)	01 ALA	19,70	417,00	0,25	4,34	6,19	7,35	11,40	2.700,00	4.000,00	N/A
	02 AGR	17,40	286,00	0,11	4,49	5,49	7,31	12,80	1.900,00	2.100,00	N/A
(02/07/2019)	01 ALA	69,12	321,00	1,39	1,86	7,50	7,20	0,00	1.200,00	1.600,00	N/A

	02 AGR	57,9 1	207,0 0	0,50	0,48	6,00	7,0 2	0,94	1.000,0 0	1.200,0 0	N/A
(06/08/2019)	01 ALA	32,0 0	154,0 0	0,30	3,70	5,00	8,0 0	0,62	1.000,0 0	1.100,0 0	N/A
	02 AGR	76,5 0	357,0 0	0,60	2,88	3,50	7,2 0	5,95	1.800,0 0	2.000,0 0	N/A
(02/09/2019)	01 ALA	68,0 0	103,0 0	0,95	4,08	3,90	7,4 0	0,57	3.200,0 0	3.600,0 0	N/A
	02 AGR	66,3 0	192,0 0	1,20	2,66	3,20	7,5 0	0,94	2.200,0 0	2.700,0 0	N/A
(01/10/2019)	01 ALA	34,6 6	248,0 0	0,64	0,48	1,70	8,6 0	0,72	1.200,0 0	1.700,0 0	N/A
	02 AGR	42,5 0	246,0 0	0,29	0,97	1,50	7,9 0	1,20	1.800,0 0	2.200,0 0	N/A
(04/11/2019)	01 ALA	25,3 7	256,0 0	0,66	6,80	2,80	7,0 0	4,80	1.000,0 0	1.400,0 0	N/A
	02 AGR	34,2 1	248,0 0	0,85	3,46	2,40	6,6 0	7,12	1.400,0 0	1.800,0 0	N/A
(02/12/2019)	01 ALA	57,5 0	91,00	0,33	-	-	7,6 0	10,30	1.100,0 0	1.600,0 0	N/A
	02 AGR	40,2 3	234,0 0	0,84	-	-	6,5 0	8,08	1.500,0 0	1.900,0 0	N/A
(06/01/2020)	01 ALA	14,3 6	196,0 0	0,81	-	-	6,5 0	18,40	940,00	1.400,0 0	N/A
	02 AGR	58,0 0	210,0 0	0,08	-	-	6,4 0	7,58	900,00	1.500,0 0	N/A
(04/02/2020)	01 ALA	26,0 0	165,0 0	1,76	-	-	6,6 0	10,70	2.100,0 0	3.200,0 0	N/A
	02 AGR	31,0 0	78,00	2,41	-	-	6,5 0	8,78	3.100,0 0	4.800,0 0	N/A
(03/03/2020)	01 ALA	21,0 0	115,0 0	1,27	3,86	2,40	7,4 0	7,14	1.600,0 0	2.700,0 0	N/A
	02 AGR	28,0 0	78,00	1,52	6,53	0,70	6,8 0	6,89	2.400,0 0	4.100,0 0	N/A
(01/04/2020)	01 ALA	29,0 0	259,0 0	1,44	14,4 0	4,20	6,6 0	13,90	2.200,0 0	3.600,0 0	N/A
	02 AGR	42,0 0	219,0 0	2,46	15,4 4	1,10	6,2 0	16,70	2.900,0 0	4.500,0 0	N/A
(11/03/2022)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	828,00	960,00	PR
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	741,00	2.000,0 0	IMP
(06/05/2022)	01 ALA	-	-	-	-	-	-	-	5.120,0 00,00	930.000	IMP
	02 AGR	-	-	-	-	-	-	-	200.000 ,00	1.800,0 00,00	IMP

Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Fortaleza (2022) e Fortaleza (2023).

Legenda:

01 ALA (Lagoa do Alagadiço - São Gerardo)

02 AGR (Lagoa Santo Anastácio - Agronomia)

N/A (Não atende); PR (Própria para banho); IMP (Imprópria para banho)

Observação: Os valores em **vermelho** indicam índices fora dos padrões exigidos em Lei através do **CONAMA 357/2005 + CONAMA 274/2000 para Águas Classe II**.

Observou-se que na tabela, os parâmetros que apresentam pior desempenho são DBO, FT e OD, então promover a melhoria desses parâmetros será um dos principais objetivos e cenários a serem representados a seguir. Dessa forma, foram eleitos três objetivos distintos para a elaboração dos cenários, como forma de promover o desempenho a ser alcançado por cada uma das propostas tendo em vista análise da qualidade da água do PRQ. Para estes modelos, foram consideradas as informações reunidas tanto pelos parâmetros típicos de lançamento exigidos pelo CONAMA, considerando a classificação do tipo II do corpo d'água receptor, que no caso é o Riacho Cachoerinha. Através desses parâmetros, é possível montar uma escala de atração onde os parâmetros são traduzidos e conectados a percepção sensorial da água, considerando o aspecto físico da água e seus cuidados com a paisagem através dos Serviços Ecosistêmicos de Suporte, Provisão, cultural e de Regulação. Através da reunião de informações da Tabela a seguir, é possível selecionar aspectos mais relevantes dentro do processo de elaboração de SACs (Tabela 6).

Dessa forma, tendo em vista que o objetivo é aumentar o desempenho no aspecto visual da água, no tratamento físico/químico e biológico da água, bem como na Oferta de Serviços Ecosistêmicos, dando destaque à diversidade compositiva, foi modelada, com auxílio da ferramenta BIM *archicad*, a partir de uma base *.dwg*, concedida pelo arquiteto responsável pela elaboração e execução do projeto, uma das células do SAC (Imagens 6 e 7) e posteriormente exportada para a ferramenta de renderização *Twinmotion* para a elaboração e representação dos cenários.

Imagem 6 e 7- Área selecionada para a modelagem da célula para representação dos cenários I, II e III.



Fonte: Moreira (2022) e diagrama elaborado pela autora.

Esses objetivos serão representados de maneira individual, embora esteja integrado a outros critérios secundários, como será possível observar nas tabelas subsequentes, resultando na exploração de três diferentes cenários, a saber: 1-Cenário Performático I: Desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água; 2-Cenário Performático II: Desempenho no aspecto visual da água e 3-Cenário Performático III: Desempenho na Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.

Tabela 6- Indicadores de Qualidade da Água.

Indicadores de Qualidade da Água											
SAC	Mecanismos Fitorremediação	Influência exercida	ESPÉCIES PQR	REGISTRO V.R. CONAMA 357/2005 + CONAMA 274/2000	Classe II	Escala atratividade	Consequências	Aspecto sensorial da água	CUIDADOS COM A PAISAGEM + SE DE SUPORTE		
									Limpeza (Provisão)	Benefícios (Cultural)	Naturalidade (Regulação)
SACSup	Fitoextração, Rizofiltração, Fitovolatização e Fitodegradação	Produção de biomassa	<i>E. crassipes</i> Aguapé	DBO (mg/L)	<5	<5	redução de odores desagradáveis e o aumento da capacidade de tratamento	Límpida	Água limpa e segura	Bom aspecto estético	Atração da Vida selvagem e Diversidade compositiva
						>5	aumento dos odores desagradáveis, provoca alterações nas características naturais de um corpo d'água, atingindo a saúde da flora, da fauna e também da população humana.	Turva	Água suja e de mau aspecto	Água com aparência viscosa	Monocultura
				SDT (mg/L)	-	abaixo	Água mais limpa	-	Água limpa e segura	Bom aspecto estético	Atração da Vida selvagem e Diversidade compositiva
						acima	Água menos limpa	-	Água suja e de mau aspecto	Água com aparência viscosa	Monótono, muito aberto e formal

			<i>Thypha domingensis</i> , Tifa <i>Salvinia auriculata</i> , orelha de onça	FT (mg/L)	<0,05	<0,05	aumento dos odores desagradáveis, provoca alterações nas características naturais de um corpo d'água, atingindo a saúde da flora, da fauna e também da população humana.	-	Jardim cuidado, sem ervas daninhas	Bom estado de conservação	Espécies vegetais nativas, diversidade compositiva
						>0,05	limita a produtividade de um corpo hídrico	-	Aspecto desarrumado, abandonado e cheio de ervas daninhas	Monocultura, predominância de espécies exóticas dominantes	Monótono, muito aberto e formal
				NT (mg/L)	-	abaixo	redução de odores desagradáveis e o aumento da capacidade de tratamento	Límpida	Regulação de doenças e purificação da água, promoção da saúde e do bem-estar	Bom estado de conservação	Manutenção da biodiversidade
						acima	aumento dos odores desagradáveis, provoca alterações nas características naturais de um corpo d'água, atingindo a saúde da flora, da fauna e da população humana.	Turva	Aspecto desarrumado, abandonado e cheio de ervas daninhas	Monocultura, predominância de espécies exóticas dominantes	Impactos sobre a fauna e flora

SACSub S	Fitoextração, Rizofiltração, Fitovolatilização, Fitodegradação e Fitoestabilizaçã o	Manutenç ão da vida aquática		OD (mg/L O2)	>=5	inferiores à 2g a L	Aumentam a concentração de bactérias dissolvidas na água, causando eutrofização, aumentando sua turbidez e gerando mau cheiro	verde-escuro	Água suja, de mau aspecto e mau cheiro	Água com aparência viscosa	Impactos sobre a fauna e flora		
						>=5 ou mais	Diminui a mortalidade de peixes e demais seres aquáticos	Límpida	Regulação de doenças e purificação da água, promoção da saúde e do bem-estar	Bom estado de conservaçã o	Espécies vegetais nativas, diversidade compositiva		
						muito superior a 5	Retardam o tempo de degradação da matéria orgânica na água	verde-escuro	Água suja, de mau aspecto e mau cheiro	Água com aparência viscosa	Impactos sobre a fauna e flora		
						PH	>6; <9	<5	Mortalidade de peixes	Verde-escuro	Água suja, de mau aspecto e mau cheiro	Apelo cênico, Acesso seguro aos recursos	Monótono, muito aberto e formal
								7 -8	Adequado para peixes	Límpida	Segurança Pessoal, renovação na ciclagem de nutrientes		Diversidade compositiva
								>10	Letal para peixes	esbranquiçada	Água suja, de mau aspecto e mau cheiro	Água com aparência viscosa	Monótono, muito aberto e formal
		Potabilidade de da água	<i>E. crassipes</i> Aguapé; <i>Pistia</i> <i>estratoides</i> Alface d'água	TURBIDEZ (NTU)	<100	0-50	-	Translúcida	Segurança Pessoal	Apelo cênico, Acesso seguro aos recursos	Diversidade compositiva		

						51-100	-	Pouco turva	Água suja e de mau aspecto	Água com aparência viscosa	Monótono, muito aberto e formal
			<i>Escherichia coli</i> (Média)			<=2.000 (ml)	Níveis aceitáveis que permitem recreação de contato secundário	Turva	Bem-estar, regulação de doenças, auxílio no processo de ciclagem de nutrientes	Apelo cênico, Acesso seguro aos recursos	Diversidade compositiva
							Alta concentração de patógenos nocivos à saúde humana		Água suja e de mau aspecto	Água com aparência viscosa	Impactos sobre a fauna e flora
			COLIFORMES T. (UFC/ 100 mL)			<=2.500 (ml)	Níveis aceitáveis que permitem recreação de contato secundário		Bem-estar, regulação de doenças, auxílio no processo de ciclagem de nutrientes	Apelo cênico, Acesso seguro aos recursos	Diversidade compositiva
							Alta concentração de patógenos nocivos à saúde humana		Água suja e de mau aspecto	Água com aparência viscosa	Impactos sobre a fauna e flora

Fonte: elaborado pela autora, adaptado de NASSAUER (1986); CONAMA 357/2005 e 274/2000; BRASIL, (2010).

5.1 Cenário Performático I: Desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água

Foram utilizados nove parâmetros no tratamento de efluentes contemplados pelo CONAMA através da resolução 357/2005 e Resolução 430/2011 que complementa a anterior. O Riacho Cachoeirinha é classificado com água doce classe II e, portanto, foram tabelados os parâmetros mínimos exigidos para o lançamento de efluentes no corpo receptor para fins de controle da carga poluidora e manutenção da qualidade da água. A partir da literatura é possível vincular estes critérios de caráter quantitativo a aspectos qualitativos, através da influência exercida por estes parâmetros em aspectos facilmente percebidos visualmente, sem necessariamente recorrer aos dados para classificar o nível de qualidade do efluente. A tabela que reúne esses critérios e os resultados serão mostrados a seguir:

Tabela 7- Reunião de atributos voltados ao desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água.

Cenário II - Desempenho no tratamento físico/químico e biológico da água						
Regulação de doenças e purificação da água, promoção da saúde e do bem-estar	Bom estado de conservação	Manutenção da biodiversidade	Água mais limpa	Bom aspecto estético	Segurança Pessoal, renovação na ciclagem de nutrientes	Diversidad e compositiva

Fonte: Elaborado pela autora.

Imagem 8 a 12 - Cenário II: Desempenho no tratamento Físico/químico e biológico da água.







Fonte: Elaborado por Ana Júlia Cavalcante.

Vale ressaltar que devido a deficiência de dados publicados sobre a qualidade da água dentro do SAC, pouco se sabe sobre a eficiência no tratamento dos SAC do PRQ após um ano de operações.

5.2 Cenário Performático II: Desempenho no aspecto visual da água

Para a elaboração do cenário com performance voltada para o aspecto visual da água, foram eleitas as características que estivesse vinculada a aparência da água do tipo “límpida”, o que traduz no bom aspecto visual e estado de conservação do efluente. Esta característica está diretamente relacionada aos níveis adequados ou abaixo dos gradientes exigidos por lei, como redução da carga de nutrientes com o Nitrogênio Total (NT), níveis controlados de Oxigênio Dissolvido (OD) e níveis de pH do efluente na faixa do neutro. A tabela que reúne esses critérios e os resultados serão mostrados a seguir:

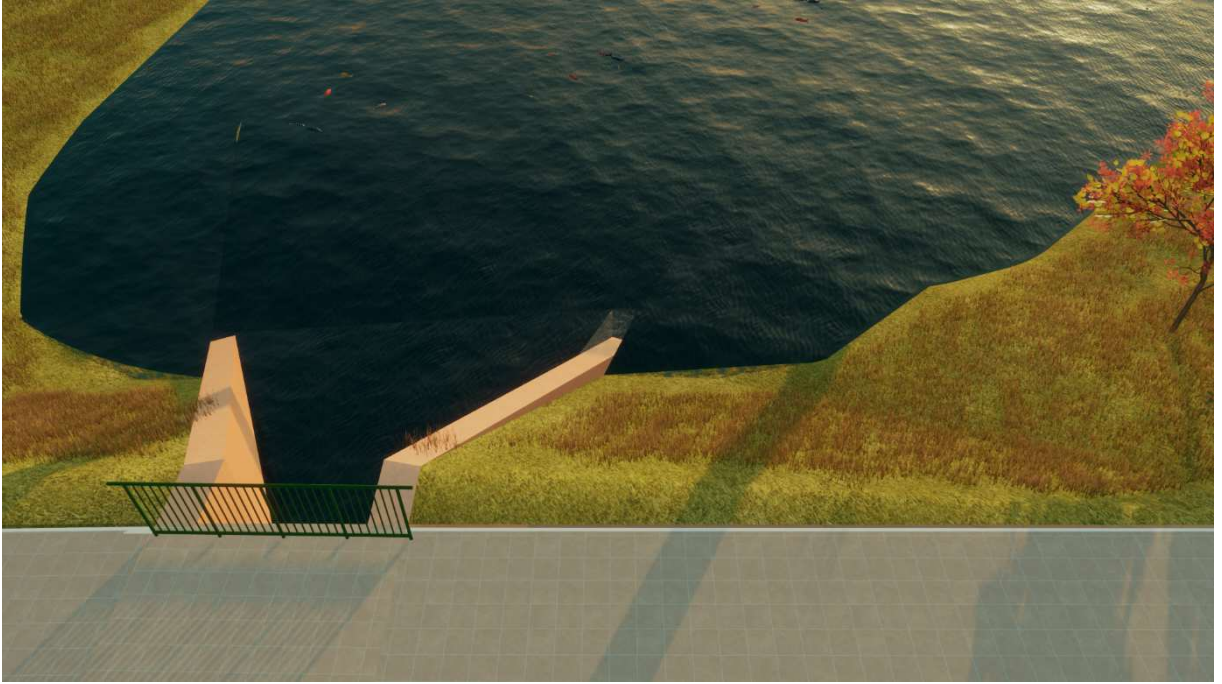
Tabela 8 - Reunião de atributos voltados ao desempenho no aspecto visual.

Cenário I - Desempenho no aspecto visual da água			
redução de odores desagradáveis e o aumento da capacidade de tratamento	Diminui a mortandade de peixes e demais seres aquáticos	Adequado para peixes	Diminui a mortandade de peixes e demais seres aquáticos

Fonte: Elaborado pela autora.

Imagem 13 a 16- Cenário I: Desempenho no aspecto visual da água.







Fonte: Elaborado por Ana Júlia Cavalcante.

5.3 Cenário Performático III: Desempenho na Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva

A simulação de um cenário alternativo de uso e cobertura vegetal que incorpore na proposta a performance em termos compositivos, dentro de um SAC proporciona, além de apelo cênico pelo uso de diversos tipos de espécies vegetais nativas, um efeito benéfico no aspecto estético do entorno como um todo, estimulando aspectos técnicos e de manutenção como a paisagem, combatendo a presença de ervas daninhas e os cuidados tornam-se mais frequentes com o jardim. Estes aspectos mais subjetivos e de caráter qualitativo, favorecem no bom aspecto da água, refletindo um ambiente bem preservado e seguro para uso da comunidade, além de tornar o ambiente seguro contra doenças, promovendo o bem-estar e a saúde da comunidade. A tabela que reúne esses critérios e os resultados serão mostrados a seguir:

Tabela 9- Reunião de atributos voltados à Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.

Cenário III - Desempenho SE Regulação (Diversidade Compositiva)							
Bom aspecto	Água limpa e	Bom estados de	Regulação de doenças e purificação da água,	Apelo cênico, Acesso seguro	Segurança Pessoal	Bem-estar, regulação de doenças, auxílio no	Jardim cuidado, sem ervas

estético	segurança	conservação	promoção da saúde e do bem-estar	aos recursos		processo de ciclagem de nutrientes	daninhas
----------	-----------	-------------	----------------------------------	--------------	--	------------------------------------	----------

Fonte: Elaborado pela autora.

Imagem 17 a 20 - Cenário III: Desempenho na Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.





Fonte: Elaborado por Ana Júlia Cavalcante.

5.4 Resultados e Discussão

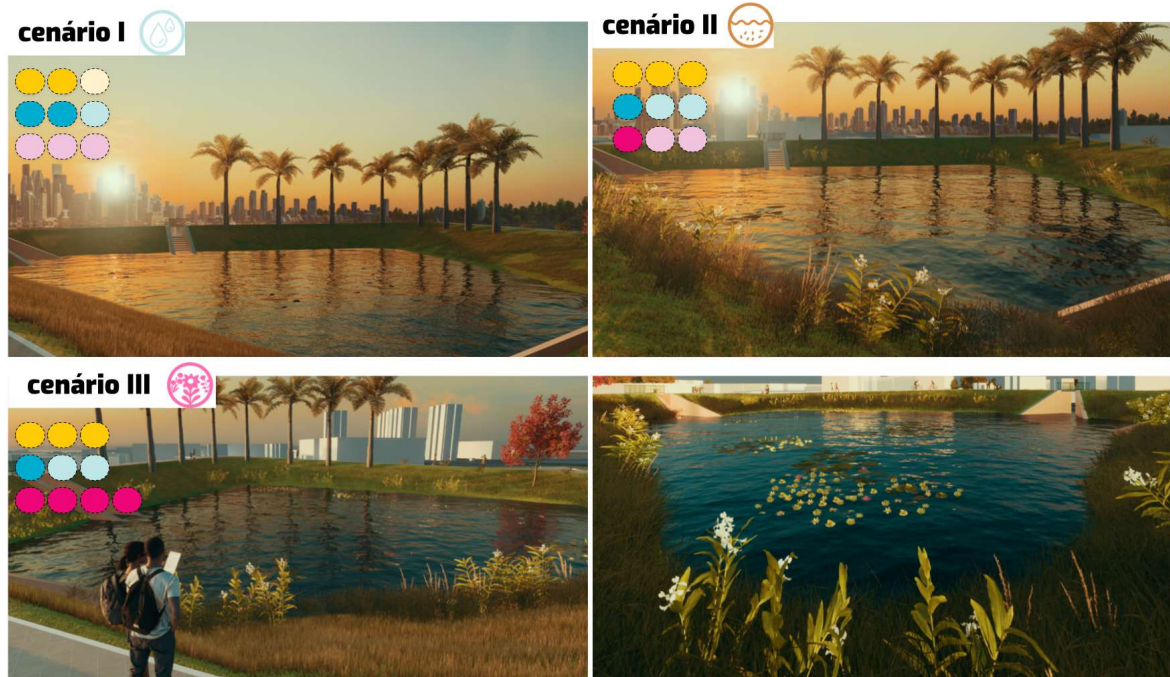
Com relação à processo de modelagem da célula, a etapa de desenho foi a que demandou mais tempo, pois como o projeto teve de ser elaborado a partir das informações técnicas contidas na planta em dwg., isso demandou mais tempo de análise e reajustes, já que não havia nenhum corte em projeto demonstrando o perfil das células e a altura dos elementos que constituem a material filtrante. A estrutura em concreto impermeável que reveste todas as superfícies das células não estava

bem detalhada.

Outra questão que demandou mais tempo foi a interoperabilidade entre os softwares de representação. Inicialmente, após a modelagem para o desenvolvimento das cenas, foi eleito o *software enscape* por possibilitar a comunicação com o *archicad* ao incorporar os elementos inseridos na sua interface para a modelagem. Porém, como as versões entre *archicad* e *enscape* eram diferentes, essa função não funcionou integralmente e, nessa ocasião, o modelo do *archicad* foi importado para ser trabalhado no *twinmotion*, pois, apesar de não haver interoperabilidade entre softwares, o segundo renderizador possui uma biblioteca mais diversificada de espécies vegetais, além da importação de novos elementos à cena acontecer de maneira mais facilitada, já que é possível realizar essa busca dentro do software através de sites externos.

Com relação aos resultados formais de cada cenário, foi possível perceber que cada um possui uma característica que emprega uma identidade e propósito dentro do projeto da paisagem. Todavia, o cenário que trabalha com a performance pautada na oferta de serviços ecossistêmicos, dando destaque à diversidade compositiva teve impacto significativo pois promove uma melhoria da qualidade ambiental frente aos demais cenários, pois, além de sua composição vegetal diversa, promove a oferta de Serviços Ecossistêmicos diversos, podendo também trabalhar de maneira conjunta ao desempenho da qualidade da água através do uso direcionado de espécies macrófitas (Imagem 21).

Imagem 21- Comparativos entre Cenários I, II e III. O cenário III apresentou o maior número de atributos associados a ele.

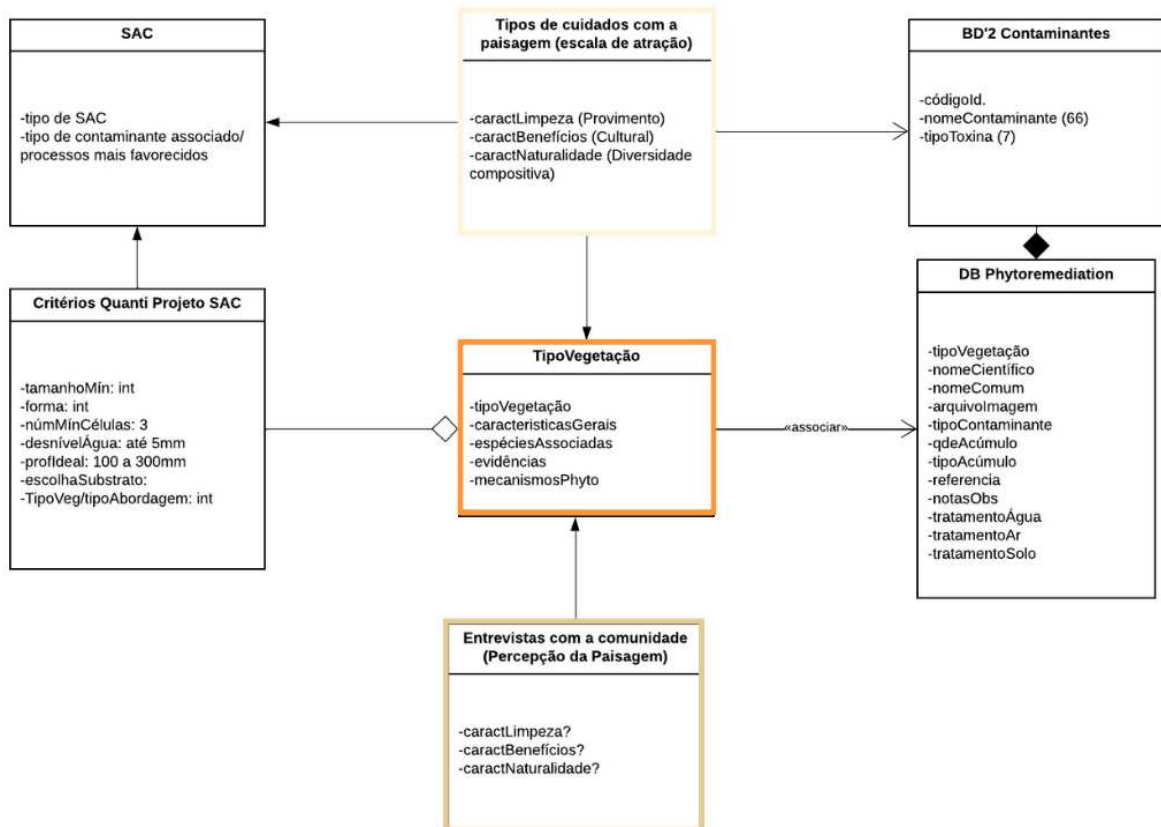


Fonte: Elaborado pela autora.

Para uma fase posterior, considerar um sistema de ranqueamento para cada critério tornando algumas características mais relevantes frente a outras dentro da proposta seja um caminho para tornar mais distinto os cenários facilitando a escolha mais adequada para o contexto em questão. Outra proposta seria considerar os dados de análise da água do local de implementação seja importante, mas complementá-lo a uma análise qualitativa a ser realizada pela população, desde as primeiras etapas de projeto, com relação à percepção da comunidade local frente à paisagem a ser reabilitada é de fundamental importância, pois potencializa a qualidade do resultado do projeto, podendo criar um sistema de classificação que vincula à qualidade da água com a percepção da paisagem (Fig. 16).

Essa abordagem mostra-se útil para complementar outros atributos vinculados aos SE, pois, a valoração subjetiva da comunidade local importa na tomada de decisão no âmbito das políticas públicas relacionadas ao projeto da paisagem, que incorpora às SbN como estratégia para se alcançar a reabilitação ambiental.

Figura 16 - Modelo de aprimoramento do Framework e exemplo de um sistema de ranqueamento pautado nos objetivos de desempenho na manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva.



SISTEMAS DE RANQUEAMENTO

- Desempenho redução nutrientes - AQA (peso 1)
- Desempenho aspecto visual água (peso 2)
- Desempenho na Manutenção da biodiversidade, com ênfase na diversidade compositiva (peso 3)

Fonte: Elaborado pela autora.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas sobre a eficiência na remoção de nutrientes em águas residuais e também no tratamento de esgoto primário, considerando as diversas tipologias de SACs, considerando as diversas tipologias vegetais para seleção das espécies mais aptas à determinados ambientes e que possuem maior performance na remoção das concentrações de nutrientes como o Nitrogênio Total, o Fósforo Total, assim como na redução da concentração de metais pesados, tem avançado nos últimos anos disponibilizando dados significativos para serem utilizados nas propostas de elaboração de projetos de SACs. Porém, todavia é escasso o número de pesquisas que trazem informações sobre o nível de adesão pela população frente a essas propostas, assim como análises mais qualitativas sobre a percepção da paisagem pela comunidade local. Outra deficiência observada é a falta de informações sobre o processo pós-implantação, como o monitoramento e manutenção desses sistemas, principalmente com relação aos resíduos a serem descartados durante o processo a fim de manter a eficiência do SAC.

Na fase de elaboração do projeto, é limitado o catálogo das espécies vegetais em meio digital, o que é dificultada pela falta de interoperabilidade entre softwares de modelagem/projeto e de representação, apresentando-se como um desafio a ser vencido em etapas futuras, onde o framework irá operar em meio digital e de maneira automatizada.

Outro fator importante a ser considerado é que uma base de dados sobre o local de intervenção é essencial no seu processo de elaboração, a fim de guiar de maneira mais adequada a proposta aos objetivos delineados pela proposta, facilitando a mensuração dos Serviços Ecossistêmicos associados, favorecendo a integração entre o projeto, seus objetivos e necessidades dentro do contexto urbano. Esse pacote informacional é fundamental tanto no processo de elaboração quanto nos processos pós-implantação, podendo colaborar de maneira positiva no processo de monitoramento e manutenção desses sistemas.

Considerando que o framework pode e deve ser utilizado para diversos contextos, é fundamental prever uma calibragem para seu funcionamento mais personalizado, a depender do local que está sendo realizado o projeto para melhor adequação da proposta para o seu entorno. Apesar dos desafios a serem

ainda ultrapassados, o *framework* possibilita a visualização de cenários, facilitando a tomada de decisão por parte do projetista e dos atores envolvidos no projeto, incluindo a participação da população local, desde as primeiras etapas do projeto. Vale ressaltar que seu uso pode ser estendido a outros dispositivos de SbN, servindo como uma proposta base que pode servir de referência metodológica para a elaboração de outros *frameworks*.

Essas pequenas soluções voltadas para a reabilitação da paisagem servem como um ponto de transformação, abrindo possibilidades para uma nova metodologia de planejamento, que auxilia no aprimoramento de outras mudanças urbanas à nível econômico, social, infraestrutural, cultural e educacional capazes de transbordar os limites espaciais e conceituais do projeto.

REFERÊNCIAS

- AHERN, J.; PELLEGRINO, P. R. M.. **"Green Infrastructure: performance, appearance, economy and working method.** In: Symposium Designing nature as infrastructure", 2012, Munique. In: Designing nature as infrastructure. Munique : TUM Graduate School, 2012. p. 181-194.
- ALENCAR, J.C. **Potencial de corpos d'água e hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré.** Tese de doutorado inscrito no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil Da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017. <https://www.researchgate.net/publication/315909830_Cartilha_Tecnicas_para_revitalizacao_de_rios_urbanos> Acesso em: 31. ago. 2023.
- ALMEIDA, R.A.; Oliveira, L.F.C.; KLIEMANN, H. J. **Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário.** Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics), v. 37, n. 1, p. 1-9, 2007.
- AMINPOUR, P. et al. **Urbanized knowledge syndrome—erosion of diversity and systems thinking in urbanites' mental models.** npj Urban Sustainability, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2022.
- AQUINO, JOSÉ NUNES DE. **MODELAGEM ESPACIAL E SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA GESTÃO E AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PROVENIENTES DE ÁREAS ÚMIDAS / JOSÉ NUNES DE AQUINO.** -- 2023. 153 f. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/263740/001175441.pdf?sequence=1> Acesso em: 21. fev. 2024.
- BALTHAZARD-ACCOU, K. et al. **Pollution of Water Resources and Environmental Impacts in Urban Areas of Developing Countries: Case of the City of Les Cayes (Haiti).** Environmental Health - Management and Prevention Practices, p. 1–20, 2020.
- BASTIAN, R. K.; BENFORADO, J. **Water quality functions of wetlands: natural and managed systems.** In The ecology and management of wetlands. 87–97. Springer, New York, NY. 1988.
- BENEDICT, Mark A.; McMAHON, Edward T. **Green infrastructure: Linking landscapes and communities.** Washington, DC.: Island Press, 2006.
- BERMUDEZ, V., et. al. **PROPOSTAS DE COMBINAÇÕES DE MACRÓFITAS PARA USO EM WETLAND CONSTRUÍDOS A PARTIR DE MODELOS NATURAIS DE LAGOAS RASAS.** Revista AIDIS De Ingeniería Y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo Y práctica, 15(1), 344–363. 2022. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.1.77936>.
- BLAHA, M; J. (2004). **Object-oriented modeling and design with UML,** Prentice

Hall, Upper Saddle River.

BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. São Paulo: SiBi-USP, 2015. 159 p. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-29102015-111924/publico/ra_monbonzi.pdf. Acesso em: 03 ago. 2023.

BONZI, Ramón Stock. **Paisagem como infraestrutura**. In. Paulo Pellegrino; Newton Becker. (Org). Estratégias para uma infraestrutura verde. 1 ed. Barueri, SP: Manole, 2017, p.1-24.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2014**. Brasília: ANA, 2010. 76 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. 2005. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450 Acesso em: 02 set. 2023.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. 9 p. 75 Disponível em: http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos_normativos/conama/2011_CONAMA_RES_430.pdf. Acesso em: 01 agosto. 2023.

BROWDER, G. et al. **Integrating Green and grey: Creating Next Generation Infrastructure**. 2019. Washington: [s.n.].

CECHIN, A. D., & VEIGA, J. E. D. **A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen**. Revista de Economia Política, v. 30, n. 3, p. 438-454, 2010.

CHEN, Z. J. et al. **Effects of root organic exudates on rhizosphere microbes and nutrient removal in the constructed wetlands**. Ecological Engineering, [s. l.], v. 92, p. 243-250, 2016.

COHEN-SHACHAM, E., et. al. **Nature-based solutions to address global societal challenges**. IUCN International Union for Conservation of Nature. 2016. p. 97. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

CONNOR, R. et al. **Soluções baseadas na natureza para a gestão da água. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. 2018. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594_por Acesso em: 01 set. 2023.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R. S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G., SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. (1997) **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. *Nature*, v. 387, p. 253-260, May 1997. DOI: 10.1038/387253a0.

DAILY, G. C. (Ed.). (1997) **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press 412 p.

DHIR, B, et. al. **Physiological and antioxidant responses of *Salvinia natans* exposed to chromium-rich wastewater**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. V-72, Issue 6, 2009. P. 1790-1797. ISSN 0147-6513. Doi: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.03.015>>

DHIR, B. **Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean-Up**. India: Springer, 2013.

EATON, M. M. **Aesthetics and the Good Life**. London: Farleigh Dickinson University Press. 1990. 209 p.

EPA, U. **United States environmental protection agency**. Quality Assurance Guidance Document-Model Quality Assurance Project Plan for the PM Ambient Air, v. 2, p. 12, 2001.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª edição. Interciência: Rio de Janeiro – RJ. 1998.

FABER-LANGENDOEN, D., et al. **Waterlogged Wealth**. Earthscan. International Institute for Environment and Development, London. 1986.

FAMULARI S., WITZ K. A **User-Friendly Phytoremediation Database: Creating the Searchable Database, the Users, and the Broader Implications**, *International Journal of Phytoremediation*, 17:8, 737-744, 2015. DOI:<10.1080/15226514.2014.987369>

FERREIRA, C. S. S.; Walsh, R. P. D.; Ferreira, A. J. D. **Degradation in urban areas**. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, v. 5, p. 19–25, 2018.

FINDLAY, S. J.; TAYLOR, M. P. **Why rehabilitate urban river systems?**. *Area*, v. 38, n. 3, p. 312-325, 2006.

FORTALEZA, Prefeitura de (org.). **Fortaleza em Mapas: monitoramento da balneabilidade dos recursos hídricos**. Territoriais: Monitoramento da Balneabilidade dos Recursos Hídricos. 2023. IPLANFOR - Instituto de Planejamento de Fortaleza. Disponível em: <<https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/>> Acesso em: 03 ago. 2023.

FORTALEZA, Prefeitura de (org.). SIAFOR: Sistema de Informações Ambientais de Fortaleza. **Monitoramento da qualidade da água dos recursos hídricos**. 2022. SEUMA - Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. Disponível em:

<<https://siafor.fortaleza.ce.gov.br/siafor/publico/consulta.jsf>> Acesso em: 03 ago. 2023.

FORTALEZA, Decreto Nº13.292, de 14 de janeiro de 2014. **Dispõe sobre a criação do Parque Linear Raquel de Queiroz**. Diário Oficial do Município, Fortaleza, Ce. Ano LXI, n. 15.204, 21 de janeiro de 2014. p.30-31.

FORTALEZA, Decreto Nº13.764, de 08 de março de 2016. **Altera o Decreto Municipal nº 13.292, de 14 de janeiro de 2014, o qual dispõe sobre a criação do Parque Linear Rachel de Queiroz**. Diário Oficial do Município, Fortaleza, Ce. Ano LXI, n. 15.728, 15 de março de 2016. 2016a. p.10-16.

FORTALEZA. PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA/ SEUMA - SECRETARIA DE URBANISMO E MEIO AMBIENTE. (org.). **FORTALEZA CIDADE SUSTENTÁVEL (FCS)**. Fortaleza, 2016b. 178 p. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/apresentacoes-oficias/apresentacao_parque_linear_rachel_de_queiroz.pdf> Acesso em: 31 ago. 2023.

FOWLER, M.; SCOTT, K (2000). **UML Distilled: A brief Guide to the Standard Object Modelling Language**, Addison-Wesley, Amsterdã.

HA, S. J.; STENSTROM, M. K. “**Predictive Modeling of Storm-Water Runoff Quantity and Quality for a Large Urban Watershed**”. In: Journal of Environmental Engineering, September, 2008. p. 703-701.

HASSAN RASHID, M. A. UI; MANZOOR, M. M.; MUKHTAR, S. **Urbanization and Its Effects on Water Resources: An Exploratory Analysis**. Asian Journal of Water, Environment and Pollution, v. 15, n. 1, p. 67–74, 10 set. 2023.

HOFFMANN et. al. **Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil**. ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Costão do Santinho, Florianópolis – Santa Catarina, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Base de informações por setor censitário: censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em:<http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoess_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf> Acesso em: 12 ago.2020.

IRGANG, B. E.; GASTAL JR., C. V. S. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. Porto Alegre, CPG-Botânica/UFRGS. 290p. 1996.

JUNK, W. J. et al. **Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research**, sustainable management, and protection. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, [s.l.], v. 24, n. 1, p.5-22, 15 ago. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.2386>.

KENNEN, K; KIRKWOOD, N. **Phyto: principles and resources for site**

remediation and landscape design. Routledge. London, New York: Taylor & Francis Group, 2015.

LANDIM, M.F.; BARBOSA, R.S. **Memorial Descritivo e Justificativo de Urbanismo.** Parque Rachel de Queiroz - Trechos 17/18/19. ARCHITECTUS. Fortaleza, maio de 2016.

LIMA, R. F. S. **POTENCIALIDADES DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS EMPREGADOS NO POS-TRATAMENTO DE ESGOTOS: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS** / Rodrigo Fidelis de Souza Lima : orientador, Pablo Heleno Sezerino - Florianópolis, SC, 2016. 81 P. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/78553535.pdf> Acesso em: 21. fev. 2024.

MACHÍ CASTAÑER, C. **A paisagem como infraestrutura: desempenho da infraestrutura verde na Bacia do Jaguaré como modelo de intervenção nas paisagens das águas da cidade de São Paulo.** 2018. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:<https://doi.org/10.11606/T.16.2019.tde-15012019-122054> Acesso em: 2023-08-03.

MANFRINATO, E. S. **Avaliação do Método edafo-fitodepuração para tratamento preliminar de águas.** Dissertação de Mestrado - ESALQ- USP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba - São Paulo. 1989. 98 p. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11133/tde-20190821-115816/publico/ManfrinatoEneidaSalati.pdf> Acesso em: 13 ago. 2023.

MATOS, M. P. de; MATOS, A. T. de. **IMPORTÂNCIA DO SUBSTRATO POROSO E ATUAÇÃO DAS MACRÓFITAS NO DESEMPENHO DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.** In: PABLO HELENO SEZERINO (Curitiba). Wetlands Brasil (org.). WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO ECOTECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: experiências brasileiras. Curitiba: Brazil Publishing, 2021. p. 27-46. Disponível em: <https://gesad.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experi%C3%AAncias-Brasileiras-1.pdf> Acesso em: 31 ago. 2023.

MDE. (2009). **Maryland Stormwater Design Manual.** Baltimore. MD (EUA): Department of the Environment Water Management Administration.

MEA, **Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis.** Island, Washington, DC, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 21.fev.2024.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos.** GeoTextos, 4. 2019. <<https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v4i0.3300>>

MEYER, J. L.; PAUL, M. J.; TAULBEE, W. K. **Stream ecosystem function in**

urbanizing landscapes. Journal of the North American Benthological Society, v. 24, n. 3, p. 602–612, 2005.

MOREIRA, S. **Parque Rachel de Queiroz/ Architectus S/S.** Archdaily Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/985555/parque-rachel-de-queiroz-architectus-s-s>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MORENO, F.N.; SÍGOLO, J. B. **Fitoestabilização controlada: proposta de processo de revitalização para passivos de areias de fundição.** In: Áreas contaminadas: remediação e revitalização. Tradução . São Paulo: Signus, 2007. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/11458536-2614-4cf8-90af-b68608b848ae/1655963.pdf>> Acesso em: 31 ago. 2023.

MOTA, F.S.B.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** Volume 2, PROSAB. Rio de Janeiro, RJ. 2009. ISBN978-85-7022-164-3.

MOURA, N. C. B. de. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas da chuva.** São Paulo: SiBi-USP, 2013. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-30052014-104153/publico/FAUU_SP_TESE_MOURA_NEWTON.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

MOURA, N. C. B.; PELLEGRINO, P. R. M.; MARTINS, J. R. S. **Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas.** Paisagem e Ambiente, n. 34, p. 107–128, 2014.

MOVIMENTO PRÓ PARQUE RACHEL DE QUEIROZ (Fortaleza) (ed.). **Prefeitura constrói açude atrás do polo de lazer.** Fortaleza, 07 de dezembro de 2012. Facebook: Movimento Pró Parque Rachel de Queiroz. Disponível em: <https://www.facebook.com/media/set/?set=a.380003098759627&type=3>> Acesso em: 13 ago. 2023.

MOVIMENTO PRÓ PARQUE RACHEL DE QUEIROZ (Fortaleza) (ed.). **Canalização do riacho e loteamento de área verde.** Fortaleza, 22 de dezembro de 2013. Facebook: Movimento Pró Parque Rachel de Queiroz. Disponível em: <https://www.facebook.com/media/set/?set=a.523899831036619&type=3>> Acesso em: 13 ago. 2023.

NASCIMENTO, N. O. & BAPTISTA, M. B.. **Técnicas compensatórias em águas pluviais.** In: RIGHETTO, Antonio Marozzi (coord.). Manejo de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 2009.

NASSAUER, J. I.. **Messy ecosystems, orderly frames.** Landscape journal, v. 14, n. 2, p. 161-170, 1995.

NBR, ABNT. 9648. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

NOVOTNY, V.; AHERN, J.; BROWN, P. **Water Centric Sustainable Communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2010.

PARRON, L. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** [recurso eletrônico]/Lucilia Maria Parron; Daphne Heloisa de Freitas Muniz; Claudia Maria Pereira - Dados eletrônicos - Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>> Acesso em: 31 ago. 2023.

PEDRALLI, G. **Macrófitas Aquáticas: Técnicas e Métodos de Estudos**. Estudos de Biologia. n. 26, Curitiba: EDUCA, 24p. 1990.

PELLEGRINO, P. **Conclusão**. In: PELLEGRINO, P.; MOURA, N. C. B. (Eds.). Estratégias para uma infraestrutura verde. Barueri: Manole, 2017. p. 291–308.

PEREIRA, M. C. S. et al. **Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção**. Revista LABVERDE, v. 11, n. 1, p. 95–120, 14 dez. 2021.

PILON-SMITS, E. Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology. V.56, p. 15-59, jan. 2005.

PINHEIRO, Maitê Bueno. **Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-27062017-141958/publico/MaiteBuenoPinheiro_REV.pdf. Acesso em: 03 ago. 2023.

PIVELI, R. P., KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285 p. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001550353>> Acesso em: 31 ago. 2023.

PORTO, M. F. A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**. In: Drenagem Urbana, ABRH: 1995, 1ª Ed. 428 p. ISBN 85-7025-364-8.

RICHERZHAGEN, C. et al. **Ecosystem-Based Adaptation Projects, More than just Adaptation: Analysis of Social Benefits and Costs in Colombia**. International Journal of Environmental Research and Public Health. 16. 4248. 2019. doi: <10.3390/ijerph16214248>

RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A.. **Manejo das águas pluviais urbanas**. In: RIGHETTO, Antonio Marozzi (coordenador). Manejo de águas pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 2009.

RODRIGUES, E. B.; DOS SANTOS, M. A. A.; LAPOLLI, F. R.. **Zona de raízes:**

experiência vivenciada numa escola rural no município de Campos Novos/SC. Revista Engenharia e Construção Civil (ISSN 2358-0259), v. 2, n. 2, 2015.

Rogers, Y., Sharp, H., & Preece, J. (2005). *Design de interação*. Bookman Editora.

RUBY, M; APPLETON, B. **Using landscape plants for phytoremediation.** Low Impact Development 2010: Redefining Water in the City. ASCE, 2010.

RUSSEL, J.M. et al. **Lake ecosystem on the Qinghai–Tibetan Plateau severely altered by climatic warming and human activity.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. v. 576, 15. Ago, 2021

RUSSEL, I.; PECORELLI, J.; GLOVER, A. **URBAN DESIGN GUIDE: Designing wetlands to improve water quality.** ZSL - . ISBN 978-0-900881-78-7. Disponível em:

<https://catchmentbasedapproach.org/wp-content/uploads/2021/05/2021_Urban-Wetlands_FINAL.pdf> Acesso em: 19 ago. 2023.

SALATI, E. **Controle de qualidade de águas através de sistemas de wetlands construídos.** Rio de Janeiro: FBDS. 1998.

SAMPAIO, F. E. **Distanciamento e reaproximação de rios urbanos: planejamento ecológico para restauro de rio urbano na bacia hidrográfica do camarajipe.** 2015. 247 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Proureb, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://objdig.ufrj.br/21/teses/829516.pdf>> Acesso em: 31 ago. 2023.

SANTOS, Juliana de Araújo. **PARQUE RACHEL DE QUEIROZ: o último sítio verde do Pici.** 2017. 166 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/46239>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

SÃO PAULO. **Secretaria do Meio Ambiente - SMA. Cadernos da Mata Ciliar.** Secretaria do Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria da Biodiversidade e Recursos Naturais, N. 1 (2009) – São Paulo: SMA, 2009.

SÃO PAULO. **Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU.** Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana - Vol. 2. São Paulo: SMDU & FCTH, 2012.

SECRETARIA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2013. **Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales** (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

SEZERINO, P.H. et al. **Cartilha Wetlands construídos aplicados no tratamento de esgoto sanitário: recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção.** Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018

SEZERINO. PH; PELISSARI. C. (orgs) **Wetlands** **construídos** **como ecotecnologia para o tratamento de águas residuárias: experiências brasileiras** 1.ed. Curitiba: Brazil Publishing, 2021. Disponível em <https://gesad.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experiências-Brasil-iras-1.pdf>.

SILVA, Selma Cristina da. **"Wetlands** **construídos"** **de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos.** 2007. 231 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

SCREMIN-DIAS, E.; Pott, V.J.; Hora, R.C.; Souza, P.R. **Nos jardins submersos da Bodoquena: guia para identificação das plantas aquáticas de Bonito e região.** Campo Grande, MS, Ed. da UFMS. 1999.

SOUSA, J. T. de; van HAANDEL, A.C; GUIMARÃES, A.V.A. **Pós-tratamento de efluente anaeróbio através de sistemas wetland** **construídos.** In: Chernicharo, C. A.L.(coordenador) Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de trabalhos técnicos, Belo Horizonte: ABES, p 25 – 32, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/xNKzzPqJYvhztrySxWV7p8y/>> Acesso em: 31 ago. 2023.

SOUSA, J. T. de, van HAANDEL, A.C . GUIMARÃES, A.V.A . **Performance of constructed wetland systems treating anaerobic effluents.** Water Science and Technology, v.48, n.6, p. 295-299, 2003.

SOUSA, J. T. et al.. **Utilização de wetland** **construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB.** 2004.<<https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000400004>>

TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M. **AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS PESADOS.** HOLOS, vol. 5, 2013, pp. 80-97 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil.

TILLEY, Elizabeth et al. **Compendium of sanitation systems and technologies.** 2014. Disponível em: https://reliefweb.int/report/world/compendium-sanitation-systems-and-technologies-2nd-revised-edition-enar?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAxaCvBhBaEiwAvsLmWOGPE_uTqTigvY_nTM8euaDzoJt4t8xm6c9CD6a5izZi0qqq5lgDSxoC9iIQAvD_BwE. Acesso em: 06.mar.2024.

THE CITY CLIMATE FINANCE GAP FUND. **SBN: Catálogo de Soluções baseadas na Natureza para Espaços Livres.** (SP/RJ, 2023), Adriana Afonso Sandre. (Org.),1a. ed. p. 164.

TOMAZ, Plínio. **Poluição Difusa.** São Paulo: Navegar Editora, 2006.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Guidelines for Integrating**

Ecosystem-based Adaptation into National Adaptation Plans: Supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines. Nairobi: [s.n.]. Disponível em: <www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>. Acesso em: 28 ago. 2023.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Constructed wetlands treatment of municipal wastewater. Environmental Agency Protection.** Disponível em: <<http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/upload/constructed-wetlands-design-manual.pdf>> Acesso em: 04 set. 2023.

VASCONCELLOS, AA. **"Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana na Bacia Ambiental do Córrego D'Antas, Nova Friburgo–RJ."** Orientador: Maria Fernanda RC Lemos (2011). Disponível em: https://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0913870_2011_pretextual.pdf Acesso em: 29. fev. 2024.

VILLAMAGNA, A.M. et. al. **Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery.** Ecological Complexity, v. 15, p. 114-121, 2013.

WALLACE K.. **Ecosystem services: Multiple classifications or confusion?** Biological Conservation. Volume 141, Issue 2, 2008. Pages 353-354. ISSN- 0006-3207. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.12.014>.

WALKER, B.; SALT, D. **Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world.** Washington: Island Press, 2006.

WOOD, A.P. and VAN HALSEMA, G.E. 2008. **Scoping agriculture–wetland interactions: Towards a sustainable multiple response strategy** (Vol. 33). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

WOODWARD, R. T., WUI, Y. S.. **The economic value of wetland services: a meta-analysis**, Ecological Economics, Volume 37, Issue 2, 2001, Pg 257-270, ISSN 0921-8009, <[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00276-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00276-7)>

WORLD BANK. **A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience.** Washington: World Bank Group, 2021. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/502101636360985715/a-catalogue-of-nature-based-solutions-for-urban-resilience>. Acesso em: 22 ago. 2023.

XAVIER, J. O., et al. **Macrófitas Aquáticas: caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos.** Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig, 2021. 96 p. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/livro-macrofitas-cemig-2021.pdf>> Acesso em: 31 ago. 2023.

Zajíčková, V.; Achten H. **Landscape Information Modeling: Plants as the components for information modelling.** (2013): 515-524. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Rudi-Stouffs/publication/280931617_Computation_Performance_Proceedings_of_the_31st_International_Conference_on_Education_and_research_in_Computer_Aided_Architectural_Design_in_Europe/links/55e6610908aec74dbe74e849/Computation-Performance-Proceedings-of-the-31st-International-Conference-on-Education-and-research-in-Computer-Aided-Architectural-Design-in-Europe.pdf#page=516 Acesso em: 28.fev.2024.

ZHAO, B. et al. **Mapping coastal wetlands of China using time series Landsat images in 2018 and Google Earth Engine**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 163, 2020.

APÊNDICE A - GLOSSÁRIO

A

Águas Residuais ou Residuárias

Águas residuais são todas as águas descartadas que resultam de diversos processos, podendo elas terem origem doméstica, industrial, de infiltração e da drenagem urbana. Por transportarem uma quantidade apreciável de materiais poluentes que se não forem retirados podem prejudicar a qualidade das águas fluviais, pondo em risco a fauna e a flora.

Ação Direta (mecanismo de fitorremediação)

Quando o contaminante é sintetizado pela própria vegetação.

Ação Indireta (mecanismo de fitorremediação)

Quando o contaminante é sintetizado pela ação de outros microrganismos como as bactérias.

Alagamento

Fenômeno artificial que consiste na extrapolação da capacidade de

escoamento de sistemas de drenagem urbanos ocasionados por uma chuva intensa.

Atributo

O que é próprio e peculiar a alguém ou a alguma coisa.

B

Biomassa

Matéria orgânica, ou seja, restos de animais e vegetais, utilizadas como fonte para a geração de energia. No contexto dos SACs, a biomassa é oriunda do peso do material vegetal das macrófitas aquáticas que surgem acima e abaixo da lâmina de água, expresso por unidade de área.

Bioindicador

Indicador biológico que permite avaliar a qualidade do meio ambiente e auxiliam na percepção das mudanças advindas das intervenções humanas.

C

Cenário Propositivo

Definição de um cenário desejado e do cenário alvo definido através do cruzamento de dados.

Conhecimento

Segundo Bonsiepe (2011), considerando a cadeira linguística da informação, é o conjunto de informações menor unidade de representação de um fato, conceitos e instruções, por meio de sinais, de maneira formalizada, possível de ser transmitida e processada pelo homem ou por máquinas tornando-se informação.

Contaminante

Qualquer substância num ambiente ao qual não pertença cause problemas que coloquem em risco à saúde e o bom funcionamento de um ecossistema.

Decantação

Processo físico que ocorre a

dissociação entre elementos de natureza líquida-sólida e/ou líquida-líquida dada pela diferença de densidade entre eles.

Detenção

Armazenamento de água de curto prazo, podendo ser empregadas medidas estruturais ou não, visando atenuação do pico de vazão de saída a um valor inferior ao de entrada.

Dispositivo

Algo que contém ordem, norma, preceito ou prescrição. Peça ou mecanismo de um aparelho específico, criado com um propósito definido. Conjunto de ações, planejadas e coordenadas por uma administração, com o objetivo de alcançar determinado fim ou resultado.

E

Enchente

Fenômeno hidrológico natural no qual a água do rio atinge sua cota máxima de altura após evento de chuva, porém não há transbordamento.

F

Ferramenta

Qualquer instrumento necessário e/ou utilizado para desempenhar uma determinada tarefa a fim de alcançar um objetivo.

Fitodegradação

Mecanismo utilizado pelas plantas que visa desfazer ou degradar um contaminante ou poluente.

Fitoestabilização

Mecanismo utilizado pelas plantas que visa preparar o local para novas fases de crescimento e acumulação de tolerantes.

Fitotecnologia

Tecnologia ou processo inerentes às espécies vegetais que, com o auxílio de bactérias e microrganismos, são capazes de realizar a síntese de contaminantes em meio terreno, aquoso e aéreo.

Fitovolatilização

Processo voltado à fitorremediação, onde as plantas juntamente com os microorganismos a elas associados ajudam a remover os poluentes do meio pela volatilização destes.

Fitorremediação

Tecnologia que utiliza sistemas vegetais como agente de descontaminação, a fim de remediar água e solos contaminados por poluentes de origem orgânica (hidrocarbonetos, pesticidas, compostos clorados, nitrogenados e explosivos) e inorgânica (metais e elementos radioativos).

Framework

Tem como objetivo a reutilização de códigos em aplicações que façam parte de um mesmo domínio de conhecimento. São utilizados para facilitar buscas, catalogação, protocolos de redes e sistemas operacionais.

G H I

Indicador

Plantas que indicam através de uma mudança em sua estrutura/cor que o contaminante está no solo, no ar ou na água.

Infraestrutura Verde

Segundo Benedict e McMahon (2006), pode ser definido como “O movimento baseado nos estudos sobre a paisagem e suas inter-relações com o homem e a natureza”. O termo foi utilizado pela primeira vez em 1994, em relatório dirigido para o Governo dos EUA para explicar que as estratégias de conservação do meio ambiente possuem tanta importância quanto os sistemas de drenagem convencionais (VANCONCELOS, 2011).

Infiltração

Passagem de um líquido através dos interstícios ou dos poros das pedras, das construções, etc.

Informação

Reunião ou conjunto de dados e

conhecimentos organizados, que possam constituir referências sobre um determinado acontecimento, fato ou fenômeno.

J K L M

Macrófitas Aquáticas

Espécies vegetais que vivem em ambientes úmidos a alagados e se mostram eficazes no tratamento e controle da qualidade de efluentes.

Matriz do contaminante

Forma de representar dados sobre contaminação dividindo-os em linhas e colunas. É uma forma eficaz de identificar qual

espécie vegetal está associada ao contaminante em questão.

Mecanismo

Conjunto de elementos que promovem o funcionamento de uma estrutura orgânica.

N O

Operação

Conjunto de meios que combinam para obter-se um resultado.

P

Parâmetros

Característica ou variável que permite definir ou comparar algo.

Plantas Acumuladoras

Plantas que acumulam contaminantes do solo, ar ou água.

Plantas Hiperacumuladoras

Plantas que possuem a capacidade de reter metais numa concentração até 100 vezes maior quando comparadas a outros vegetais.

Planta Tolerante

Tipo de planta capaz de tolerar e crescer com os contaminantes no local

Poluente

Qualquer substância que provoca alteração no meio ambiente, podendo ser no solo, na água ou no ar.

Poluição Difusa

Segundo Tomaz (2006), é a poluição gerada pelo escoamento superficial da água em áreas urbanas e que tem origem diversas, contribuindo significativamente na área de contribuição da bacia hidrográfica.

Q R

Retenção

O escoamento de um dado evento de cheia é armazenado e não é descarregado no sistema de drenagem a jusante durante o evento.

S

Sedimento

Material sólido que é transportado por corrente de água e pela ação da gravidade, deposita-se no fundo do rio após processo de decantação.

Serviços Ecossistêmicos (SE)

Serviços oferecidos pelos ecossistemas oriundos de processos naturais.

Sistemas de Biorretenção

Estruturas que funcionam como um reservatório para o amortecimento da água da chuva, armazenando-a por um determinado período de tempo de modo que possa posteriormente infiltrar ou ser absorvida naturalmente pelo solo.

Sistema de Alagados Construídos (SAC)

Chamados de Sistema alagado ou “Wetlands construídos” são sistemas alagados composto por solo, plantas e microorganismos, utilizados no controle da poluição das águas residuárias.

Soluções baseadas na Natureza (SbN)

Conjunto de estratégias e tecnologias inerentes aos processos naturais utilizados em projetos de planejamento da paisagem na concepção de espaços urbanos adaptativos.

T

Tipologia Vegetal

Conjunto de atributos que autorizam reconhecer e delinear a construção de uma definida vegetação e seus respectivos atributos.

Tratamento in situ

Opção que consiste no tratamento do solo ou água contaminada no próprio local.

U

UML system

Tipo de linguagem do tipo modelagem unificada que se propõe a reunir atributos de classes visando a criação estruturada de um sistema.

Usabilidade

Aquilo que promove o uso intuitivo de ferramentas ou produtos. É a partir dela que é possível saber se os usuários conseguem localizar as funções e entendê-las de maneira eficaz.

V

Volatização

Reduzir ou reduzir-se (o que é sólido ou líquido) a gás ou vapor.

X Z

Zonas úmidas

Áreas úmidas são zonas de fronteira entre ambientes aquáticos e terrestres, que possuem o solo coberto por água periodicamente ou durante todo o ano, incluindo áreas de água doce ou marítima com menos de seis metros de profundidade.

ANEXO A - TABELAS FRAMEWORK

Tabela 5- Critérios Quantitativos e Qualitativos para elaboração de SAC.

Critérios Quantitativos

Tipo de Requisito	Observação
Tamanho	A área de superfície da WTC deve ser de 1% a 5% da área de captação. Considerar valor mínimo de 1%.
Forma	Ideal: em geral, forma ovóide com relação comprimento x largura inferior a 4:1. Células longas e estreitas devem ser evitadas, pois podem aumentar a velocidade do fluxo e resultar em uma retenção de fósforo menos eficaz.
N. de Células	Mínimo: 3 a 4 células de tamanho semelhante
Fluxo da água	Menor ou igual a 5 mm: Desviar 100% do fluxo para as WTC. Maior de 5 mm: Fluxo retido no sistema de tubulação.
Controle de Fluxo	Se necessário, projetar escada hidráulica para vencer desníveis de pelo menos 50 mm.
Profundidade	Ideal para plantas emergentes: de 100 a 300 mm
Seleção Substrato	Cascalho, silte, argila e areia
Plantio	Espécies menos diversificadas são mais resistentes, entretanto, as mais diversificadas possuem menos resistência
Abordagem 1	Espécies mais resistentes nas primeiras células
Abordagem 2	Paleta diversificada. Plantar tudo em todas as células e realizar o monitoramento das espécies mais adaptadas
Critérios Qualitativos	
Bem-estar	Áreas de Descanso, trilhas com pedras, degraus, calçadões, recursos de interpretação
Segurança Pública	Evitar encostas menos íngremes. Admitir um máximo de 1 a 3 gradientes de inclinação

Fonte: Elaborada pela autora, adaptado de Guide Urban Wetland.