



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

RICARDO HENRIQUE BARBOSA AMÉRICO

**PROPOSTA DE REQUALIFICAÇÃO DO CAVOUÇO UTILIZANDO O PROCESSO
DE FITORREMEDIAÇÃO**

RECIFE - PE
2023

RICARDO HENRIQUE BARBOSA AMÉRICO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Federal de Pernambuco, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
bacharel em Arquitetura, Urbanismo e
Paisagismo.

Orientador: Prof. Dr. Ronald Vasconcelos

RECIFE - PE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

AMÉRICO, Ricardo Henrique Barbosa.

Proposta de requalificação do Cavouco utilizando o processo de
fitorremediação / Ricardo Henrique Barbosa AMÉRICO. - Recife, 2023.
175 p : il., tab.

Orientador(a): Ronald Fernando Albuquerque VASCONCELOS
(Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e
Comunicação, , 2023.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Riacho do Cavouco. 2. Jardins filtrantes. 3. Módulos de ecossistemas
flutuantes. 4. Fitorremediação. 5. Desenho Urbano Sensível à Água. I.
VASCONCELOS, Ronald Fernando Albuquerque . (Orientação). II. Título.

720 CDD (22.ed.)

TERMOS DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
Curso Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Ata de sessão pública, via remota, de apresentação e arguição do Trabalho de Curso do(a) Aluno(a):

RICARDO HENRIQUE BARBOSA AMERICO

Ao 20º (vigésimo) dia do mês de abril do ano de 2023, realizou-se a sessão pública online de apresentação e arguição do Trabalho de Curso intitulado "Proposta de Requalificação do Cavouco utilizando o Processo de Fitorremediação.", de autoria do(a) aluno(a) RICARDO HENRIQUE BARBOSA AMÉRICO, CPF: 097.531.984/18. O Comitê de Avaliação, indicado pelo Comitê do Trabalho de Curso, foi composto pelos presentes membros: Prof. Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos, Engenheiro Civil, presidente e orientador do trabalho, Prof. Fabiano Rocha Diniz, Arquiteto e Urbanista, e Prof. Joelnir Marques da Silva, Biólogo, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco e a Arquiteta e Urbanista Ana Maria Figueira Ramalho, como componente externo à Instituição. Após a apresentação e arguição, em sessão secreta, o Comitê atribuiu as seguintes notas ao candidato: 8,00 (oito), 8,00 (oito) e 8,00 (oito), ficando o(a) aluno(a) com a média final 8,00 (oito), sendo considerado aprovado. Para constar foi lavrada a presente ata, assinada pelo(a) aluno(a), pelos membros do Comitê de Avaliação e representante do Comitê de TC – Trabalho de Curso.

Recife, 20 de abril de 2023.

Banca realizada por videoconferência

Prof. Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos

Orientador(a)

Banca realizada por videoconferência

Prof. Fabiano Rocha Diniz
Comitê de Avaliação

Banca realizada por videoconferência

Aluno (a) RICARDO HENRIQUE BARBOSA AMERICO

Banca realizada por videoconferência

Prof. Joelnir Marques da Silva
Comitê de Avaliação

Documento assinado digitalmente
PATRICIA DE OLIVEIRA DIAS PORTO CARREI
Data: 25/04/2023 02:09:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Banca realizada por videoconferência

Ana Maria Figueira Ramalho
Comitê de Avaliação

Representantes do Comitê do TC

Danielle de Melo Rocha
Izabella Galera
Patrícia de Oliveira Dias Porto Carneiro

() Indicação para premiação

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de expressar minha profunda gratidão por todo o apoio e encorajamento que recebi durante o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso. Sem essa ajuda, eu não teria superado os desafios e dificuldades que encontrei ao longo do caminho.

Sou grato a todos os meus familiares, em especial à minha mãe que sempre esteve presente, oferecendo seu amor incondicional, suporte emocional e financeiro me auxiliou a alcançar meus objetivos. Sem ela, nada disso seria possível. Agradeço de coração por tudo o que você fez por mim, mãe.

Aos meus professores, particularmente ao meu professor orientador Ronald Vasconcelos, ao qual sou extremamente grato pelo conhecimento, orientação e paciência dedicados a mim. Suas críticas construtivas, feedbacks e incentivos foram fundamentais para o desenvolvimento do projeto aqui apresentado.

E aos meus amigos, obrigado por terem estado ao meu lado em cada momento, me encorajando, me ajudando com pesquisas e dando suporte moral quando eu precisava. Sem vocês, este processo teria sido muito mais difícil.

Em suma, não posso expressar o suficiente o quanto sou grato por tudo o que vocês fizeram por mim. Mais uma vez, muito obrigado por terem feito parte dessa jornada.

RESUMO

A cidade do Recife tem uma relação histórica com os rios que a cortam, os quais foram fundamentais para seu desenvolvimento econômico e territorial. No entanto, atualmente estes enfrentam problemas decorrentes da expansão urbana desordenada e da falta de políticas públicas que os insiram no contexto urbano e social da cidade. O Riacho do Cavouco é um importante afluente da margem direita do Rio Capibaribe, que igualmente apresenta trechos envolvidos nestas problemáticas.

Em seu percurso, o Cavouco adentra o *campus* Recife da UFPE, e com base em projetos com a temática na requalificação ambiental e em conceitos abordados pelo Desenho Urbano Sensível à Água, além de análises laboratoriais de amostra de água coletadas in loco, este estudo demonstra a oportunidade que a Universidade possui em aplicar ao Riacho do Cavouco, diretrizes e técnicas fitorremediadoras para auxiliar na requalificação ambiental e paisagística do mesmo, nas áreas selecionadas da sua nascente até as imediações do Hospital das Clínicas.

As propostas apresentadas no trabalho para requalificação do Riacho Cavouco incluem a aplicação de técnicas como jardins filtrantes e módulos de ecossistemas flutuantes, visando melhorar a qualidade das águas do Riacho, bem como outras alternativas paisagísticas que promovem melhorias nas funções naturais do curso d'água, valorizando o espaço, colaborando com a requalificação de suas margens, e incentivando as pessoas a se aproximarem do curso d'água em atividades de recreação ativas e passivas.

PALAVRAS-CHAVE:

Riacho do Cavouco; Desenho Urbano Sensível à Água; Requalificação ambiental; Fitorremediação; Jardins filtrantes; Módulos de ecossistemas flutuantes.

ABSTRACT

The city of Recife has a historical relationship with the rivers that cross it, which were fundamental for its economic and territorial development. However, they currently face problems arising from disorderly urban expansion and the lack of public policies that insert them into the urban and social context of the city. The Riacho do Cavouco is an important tributary of the right bank of the Capibaribe River, which also has stretches involved in these problems.

In its course, Cavouco enters UFPE's Recife campus, and based on projects with the theme of environmental requalification and on concepts addressed by Urban Design Sensitive to Water, in addition to laboratory analyzes of water samples collected in loco, this study demonstrates the opportunity that the University has to apply phytoremediation guidelines and techniques to the Riacho do Cavouco to assist in its environmental and landscape requalification, in selected areas from its source to the vicinity of the Hospital das Clínicas.

The proposals presented in the work for the requalification of the Riacho Cavouco include the application of techniques such as filtering gardens and floating ecosystem modules, aiming to improve the quality of the waters of the Riacho, as well as other landscape alternatives that promote improvements in the natural functions of the watercourse, valuing the space, collaborating with the requalification of its banks, and encouraging people to approach the watercourse in active and passive recreation activities.

KEY-WORDS: Cavouco Creek; Urban Design Sensitive to Water; Environmental requalification; Phytoremediation; Filtering gardens; Floating ecosystem modules.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Planta da Cidade do Recife e seus Arrabaldes - 1875.

Figura 1.2 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1631.

Figura 1.3 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1637.

Figura 1.4 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1648.

Figura 1.5 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1733.

Figura 1.6 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1766.

Figura 1.7 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1808.

Figura 1.8 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1854.

Figura 1.9 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1906.

Figura 1.10 - Casarão do século XIX, com frente voltada para o Rio Capibaribe.

Figura 1.11 - Compilado de infraestruturas SBN.

Figura 1.12 - Os processos de fitorremediação.

Figura 1.13 - Riacho Cheonggyecheon, antes, durante e após as obras de revitalização.

Figura 1.14 - Riacho Cheonggyecheon, após revitalização.

Figura 1.15 - Pessoas tomando banho de Sol às margens do Rio Sena.

Figura 1.16 - Vista da Alameda Fernando Costa antes do ressurgimento do córrego Pirarungáua.

Figura 1.17 - Obras para retirada do calçamento da Alameda Fernando Costa e destamponamento do córrego Pirarungáua.

Figura 1.18 - Alameda Fernando Costa nos dias atuais com o córrego Pirarungáua correndo a céu aberto.

Figura 1.19 - Igarapé Bittencourt, antes da intervenção.

Figura 1.20 - Igarapé Bittencourt, após intervenção.

Figura 1.21 - Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis.

Figura 1.22 - Vista de um dos jardins filtrantes do Ecoparque Natura, Belém - PA.

Figura 1.23 - Representação artística do parque urbano Jardim do Baobá.

Figura 1.24 - Representação artística do parque urbano “Parque das Graças”.

Figura 2.1 - Estudos de concepção para gestão em manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife - Riacho do Cavouco, Percurso do Riacho Cavouco da nascente até a foz.

Figura: 2.2 - Marcação dos pontos de interesse próximo ao Riacho do Cavouco.

Figura 2.3 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE.

Figura 2.4 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE.

Localização dos pontos 01 a 34

Figura 2.5 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE.

Localização dos pontos 35 a 59.

Figura 2.6 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE.

Localização dos pontos 60 a 66.

Figura 2.7 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE.

Localização dos pontos 68 a 83.

Figura 2.8 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE.

Localização dos pontos 84 a 90.

Figura 3.1 - Subdivisão do trecho de estudo do Riacho do Cavouco.

Figura 3.2 / Ponto A - Vista do “laguinho” esvaziado.

Figura 3.3 / Ponto B - Comunidade se apropriando do espaço.

Figura 3.4 / Ponto C - O trecho danificado do muro localizado próximo ao "laguinho" da UFPE.

Figura 3.5 / Ponto D - Ocupação irregular sobre a calha do Riacho do Cavouco.

Figura 3.6 / Ponto E- Ocupação irregular da calha do Riacho do Cavouco e saída da galeria subterrânea da rua Amaro Gomes Poroca.

Figura 3.7 / Ponto F - Trecho do riacho próximo a CIS Sítio Toca do Bigode.

Figura 3.8 / Ponto G - Riacho do Cavouco assim que retorna ao *campus*.

Figura 3.9 / Ponto H - Arborização do trecho CAC/CTG, às voltas do Riacho do Cavouco.

Figura 3.10 / Ponto I - Casas e moradores da comunidade do Arruado da UFPE.

Figura 3.11/ Ponto J - Sítio Arqueológico Engenho do Meio. Situado no centro do *campus* da UFPE.

Figura 3.12 / Ponto L - Variedade de espécies vegetais nas margens do Cavouco, nos primeiros metros do trecho Biológicas.

Figura 3.13 / Ponto M - Riacho do Cavouco nas proximidades da pista de cooper da UFPE.

Figura 3.14 / Ponto N - Riacho do Cavouco após os laboratórios do LIKA.

Figura 3.15 / Ponto O - Estacionamento improvisado nas margens do Cavouco.

Figura 3.16 - Pontos de coletas de amostras da água do Cavouco.

Figura 3.17 - Na esquerda, imagem ilustrativa do equipamento Multiparâmetro portátil HQ40d da fabricante Hach, utilizado para obtenção dos parâmetros Físico-Químicos, e na direita, Espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente, utilizado no indicativo dos minerais.

Figura 4.1: Representação esquemática de um Jardim Filtrante.

Figura 4.2 - Impermeabilização das valas dos jardins filtrantes.

Figura 4.3 - Implantação da malha hidráulica dos jardins filtrantes.

Figura 4.4 - Implantação das camadas de areia e brita dos jardins filtrantes.

Figura 4.5 - Plantio das mudas dos jardins filtrantes.

Figura 4.5.1 - Resultado final das plantas nos jardins filtrantes do parque Caiara.

Figura 4.5.2 - Vista de um dos filtros horizontais dos jardins filtrantes do Parque Caiara.

Figura 4.6 - Gráfico que demonstra a diminuição da DBO e da DQO.

Figura 4.7 - Jardins filtrantes da UFPE.

Figura 4.8 - Módulos flutuantes dentro da calha canalizada do Riacho do Cavouco.

Figura 4.9 - Espaço proposto para a área atrás do Serviço de Psicologia Aplicada da UFPE.

Figura 4.10 - Atual situação do trecho CAC/CTG.

Figura 4.11 - Atual situação do trecho CAC/CTG, vista lateralmente.

Figura 4.12 - Proposta paisagística para o trecho CAC/CTG.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho A -B.

Quadro 1.2 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho B -C.

Quadro 1.3 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho C -D.

Quadro 1.4 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho D - E.

Quadro 1.5 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho E - F.

Quadro 1.6 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho F-G.

Quadro 1.7 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho G-H.

Quadro 1.8 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho H - I.

Quadro 1.9 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho I - J.

Quadro 1.10 - Dados com as características físicas da Bacia do Rio Capibaribe na cidade do Recife: Características dos trechos do Riacho do Cavouco no trecho J - K.

Quadro 2.1 - Espécies encontradas no Riacho do Cavouco.

Quadro 2.2 - Pontos de despejos de efluentes em trecho do Riacho do Cavouco.

Quadro 4.1 - Propostas para revitalização para os subtrechos do Riacho do Cavouco.

Quadro 4.2 - Lista de plantas previamente selecionadas para compor o arranjo paisagístico da intervenção do Riacho do Cavouco na UFPE.

Quadro 4.3 - Lista de plantas previamente selecionadas para compor os sistemas filtrantes e de recuperação ribeirinha do Riacho do Cavouco na UFPE.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Custo da fitorremediação comparada a outras tecnologias.

Tabela 3.1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e dos indicativos de metais das amostras P01, P02 e P03, da água do Riacho do Cavouco.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMPs - Best Management Practices;

CIS - Comunidade de Interesse Social;

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;

DCOP - Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva;

DGA - Diretoria de Gestão Ambiental;

DOCEAN - Departamento de Oceanografia;

DQO – Demanda química de oxigênio;

DUSA - Desenho Urbano Sensível às águas;

EMLURB - Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

ESIG - Portal de Informações Geográficas;

INCITI - Pesquisa e Inovação para as Cidades;

LAMSA - Laboratório de Análises Minerais, Solos e Água, do Departamento de Engenharia Química;

LID - Low Impact Development;

LIKA - Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami;

NbS - Nature based Solution;

NUPIT SG - Núcleo de Pesquisa em Inovação Terapêutica Suely Galdino;

OD - Oxigênio Dissolvido;

ORP - Potencial de Oxidação/Redução;

PCR - Portarias de Consolidação;

PDDR - Plano Diretor de Drenagem Urbana da Cidade do Recife;

PMDR - Plano Municipal de Drenagem e Manejo de águas pluviais;

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios;

RPA4 - Região Político Administrativa IV;

SPA - Serviço de Psicologia Aplicada da UFPE;

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento;

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste;

SUDS - Sustainable Urban Drainage Systems;

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco;

UGPE - Unidade Gestora de Projetos Especiais;

Wi-Fi - Wireless Fidelity;

WSUD - Water Sensitive Urban Design;

ZDS - Zona de Desenvolvimento Sustentável;

ZEIS - Zonas Especiais de Interesse Social;

ZEPH - Zona Especial de Preservação do Patrimônio Histórico-Cultural.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
------------------------	-----------

CAPÍTULO 1 - REFERÊNCIAS TEMÁTICAS CONCEITUAIS.....	19
--	-----------

1. A expansão urbana do Recife e o descaso com a água no processo de ocupação.
2. O ciclo natural da água e sua problemática no meio urbano.
3. Desenho Urbano sensível às águas.
4. O processo da fitorremediação.
5. Boas práticas de gestão sustentável das águas urbanas.

CAPÍTULO 2 - A SUB-BACIA DO RIACHO DO CAVOUÇO E SUAS PARTICULARIDADES.....	54
---	-----------

1. Localização e aspectos morfológicos.
2. O Riacho do Cavouço: Características sociais e biológicas.
3. O território do Cavouço e seus agentes: comunitários e institucionais.

CAPÍTULO 3 - A ÁREA OBJETO DE ESTUDO.....	82
--	-----------

1. O Riacho do Cavouço no trecho que percorre a UFPE.
2. Caracterização físico-química e dos indicadores de metais das águas do Riacho do Cavouço.
3. Diretrizes do Plano Diretor da UFPE para Riacho do Cavouço.

CAPÍTULO 4 - DIRETRIZES E PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL PARA O RIACHO DO CAVOUÇO NO TRECHO QUE CORTA A UFPE.....	105
---	------------

1. Proposta implantação de módulos fitorremediadores e tratamento urbano paisagístico para os trechos selecionados dentro da área da UFPE.
2. Paleta vegetal proposta.
3. Intenções paisagísticas para as áreas de intervenções.

4. Diretrizes gerais do projeto para o seu bom desempenho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
----------------------------------	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	148
--	------------

ANEXOS.....	161
--------------------	------------

APÊNDICES.....	162
-----------------------	------------

INTRODUÇÃO

Este estudo trata-se de uma proposta de implantação de técnicas fitorremediadoras que auxiliarão no processo de requalificação ambiental e paisagística do Riacho do Cavouco, nas áreas situadas nas proximidades da sua nascente, estendendo-se até as imediações do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco.

A capital pernambucana tem uma estreita relação com os rios que a cortam e desde o início de sua formação, estes foram fundamentais no desenvolvimento de sua economia e instalação territorial. No entanto, parte dessa importância se perdeu com o tempo, ocasionada, entre outros fatores, por problemas socioeconômicos, expansão territorial desordenada e ausência de políticas de infraestrutura, que na maior parte das vezes penalizam a população da cidade e que por consequência resulta na deterioração de diversos corpos d'água e na precárias interações sociais estabelecidas com a população.

O Riacho do Cavouco é um afluente da margem direita do Rio Capibaribe, e mesmo possuindo importante papel ecológico e de drenagem para a cidade, também sofre com as consequências dessa urbanização descontrolada.

Em seu percurso próximo ao campus Recife da UFPE, apresenta trechos com acentuada precariedade ambiental e paisagística. Contudo, essa situação possibilita às gestões municipais e universitária a aplicação de soluções fitorremediadoras e diretrizes urbanísticas, que podem auxiliar na requalificação ambiental de suas águas e margens, valorizando o espaço e tornando-o em um atrativo paisagístico. Assim, é possível promover um convívio harmonioso entre o Riacho do Cavouco e a cidade.

Almejando proporcionar tais objetivos, este trabalho de conclusão de curso buscou fazer uma avaliação das características urbanas e ambientais presentes no trecho de intervenção (na comunidade da Várzea e no Campus da UFPE), e

minuciou-se sobre uma extensa revisão bibliográfica referentes aos temas dos processos de fitorremediação.

De modo a proporcionar melhor compreensão do trabalho apresentado, o mesmo foi dividido em quatro capítulos, sendo o primeiro deles dedicado a entender de maneira geral como ocorreu o processo de ocupação dos espaços habitacionais da capital do Estado, e como isso contribuiu para a modificação dos ciclos naturais que envolvem os corpos d'água aqui presentes. Neste capítulo também são expostas as novas abordagens do gerenciamento das águas urbanas, sendo destacado o conceito do Desenho Urbano Sensível às Águas, combinado ao processo de fitorremediação e a sua aplicabilidade no Brasil e no restante do Mundo.

O segundo capítulo é destinado à uma apresentação da estrutura urbana da sub-bacia do Rio Capibaribe, destacando-se a do Riacho do Cavouco, objeto principal do estudo. Aqui é indicada a sua localização e os principais aspectos sociais, biológicos e comunitários do seu entorno imediato.

O terceiro capítulo se debruça sobre a área escolhida para as intervenções no objeto de estudo, entendendo aqui de forma pormenorizada os aspectos intrínsecos do Cavouco quando o mesmo percorre a área da UFPE e proximidades. São vistas as características físico-químicas das suas águas e os apontamentos, referente ao riacho, do atual Plano Diretor da UFPE.

Por fim, no quarto capítulo são expostas as diretrizes e propostas que se pretendem para as áreas de intervenção, apontando o tratamento paisagístico e como deverá ocorrer o funcionamento das técnicas fitorremediadoras para que se tenha um bom desempenho das mesmas, e consequente melhoria da qualidade das águas do Cavouco, sendo também apresentadas as ideias projetuais de desenho que se pretende para a área.

Após estes capítulos são apresentadas as Considerações Finais e são indicadas as referências bibliográficas que foram utilizadas para embasar as

propostas sugeridas. Em seguida estão os anexos (07 plantas com os desenhos indicando as propostas projetuais) e os apêndices deste trabalho.

CAPÍTULO 1 - REFERÊNCIAS TEMÁTICAS CONCEITUAIS

1.1 A expansão urbana do Recife e o descaso com a água no processo de ocupação

As relações do Recife com as águas se estabelecem desde o início de sua ocupação. A cidade foi implantada em grande parte sobre uma planície fluviomarina, formada ao longo de milhões de anos pelo acúmulo de detritos originados de processos dos intemperismos. Apresenta áreas de terras alagáveis além de grande quantidade de riachos, que na sua maioria deságuam em algum trecho dos maiores rios da cidade: o Capibaribe, o Beberibe e o Tejipió. Estes, por sua vez, à percorrerem sinuosamente, desempenhando ao longo do tempo, forte símbolo para o desenvolvimento urbano, pois utilizados como fontes de recursos, e também como via de transporte de pessoas e mercadorias (COY, 2013).

É no século XVI que o Recife inicia sua urbanização com a instalação dos primeiros engenhos para a produção do açúcar, e que, de início, é o principal produto econômico da cidade. Estes engenhos se instalaram "nas várzeas dos rios, sobretudo o Capibaribe" (HALLEY, 2013).

Ao mesmo tempo que as características geomorfológicas foram importantíssimas para os seus objetivos comerciais, fomentaram também grandes dificuldades no processo de crescimento como cidade. Assim, no decorrer do seu desenvolvimento, o Recife passa por vários processos de aterros das várzeas e mangues com o intuito de ampliar suas porções de terras secas e assim permitir sua expansão (BEZERRA; MELO, 2014). Os aterros, então, passam a transmutar "o sítio, ampliando e consolidando os solos, protegendo os espaços antes ocupados pelas águas" (LINS, 2003, p.72).

Como resultado, o contorno natural dos corpos d'água foi modificado, o que levou, no decorrer dos séculos, a alterações ou mesmo extinção de diversos componentes desses ambientes. Ao analisarmos mapas antigos, como a "Planta da cidade do Recife e seus arrabaldes", elaborado pela Repartição das Obras Públicas de Pernambuco em 1875, podemos perceber os processos de avanço da ocupação territorial urbana sobre áreas antes alagáveis. É possível notar, por exemplo, a ilha do Suassuna na figura 1.1, a qual não existe mais devido aos vários aterros realizados na área.

Figura 1.1 - Planta da Cidade do Recife e seus Arrabaldes - 1875.



Fonte: Repartição das Obras Públicas. Coleção Benedicto Ottoni.

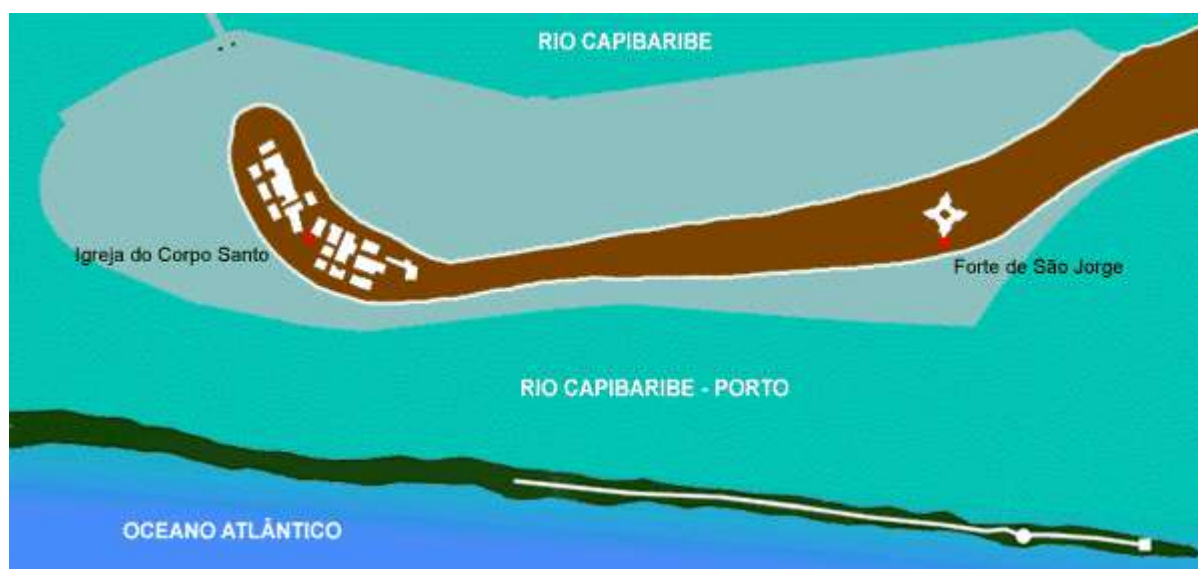
Este tipo de prática de avanço sobre áreas antes pertencentes às águas para a formação de novas ocupações urbanas remonta sobretudo à época do domínio holandês (1630 a 1654), quando o Recife passou por grandes transformações em seu espaço físico, com aterramento de mangues, construção de pontes e drenagem de camboas (VASCONCELOS; SÁ, 2011, p.07). Desde então, a cidade tem expandido suas áreas urbanas sobre locais antes ocupados pelas águas, o que pode ser observado em mapas antigos, como a 'Planta da cidade do Recife e seus

arrabaldes' de 1875 (BEZERRA; MELO, 2014). Essa prática resultou em modificações nos corpos d'água e na extinção de diversos componentes desses ambientes ao longo dos séculos.

Em 1648, o bairro do Recife possuía uma área consideravelmente menor do que atualmente, com apenas 39,67% da dimensão atual. Desse total, 17,32% eram áreas alagáveis e 22,35% eram solo firme (JUNIOR; CANDEIAS, 2013). Os mapas organizados por José Luiz Mota Menezes, que acompanham a evolução urbana do bairro do Recife entre 1631 e 1906, também evidenciam essa transformação (figuras 1.2 a 1.9).

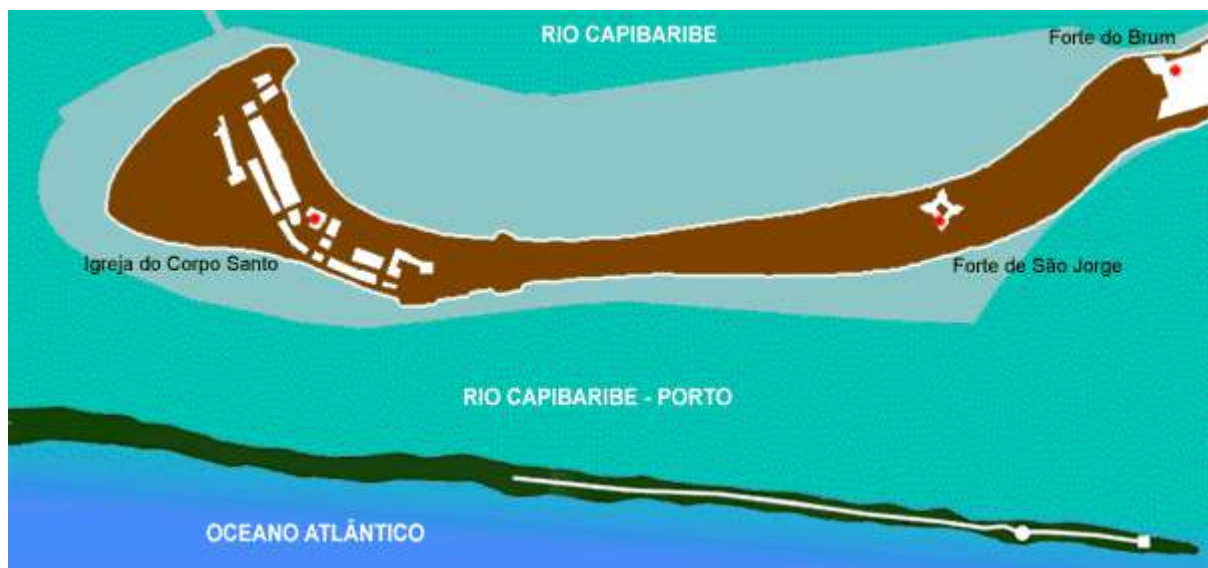
É importante destacar que as mudanças no espaço urbano do Recife, embora tenham permitido sua expansão, também trouxeram grandes desafios para a cidade. A alteração do contorno natural dos corpos d'água e a ocupação de áreas antes alagáveis geraram problemas ambientais e de infraestrutura ao longo dos anos.

Figura 1.2 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1631.



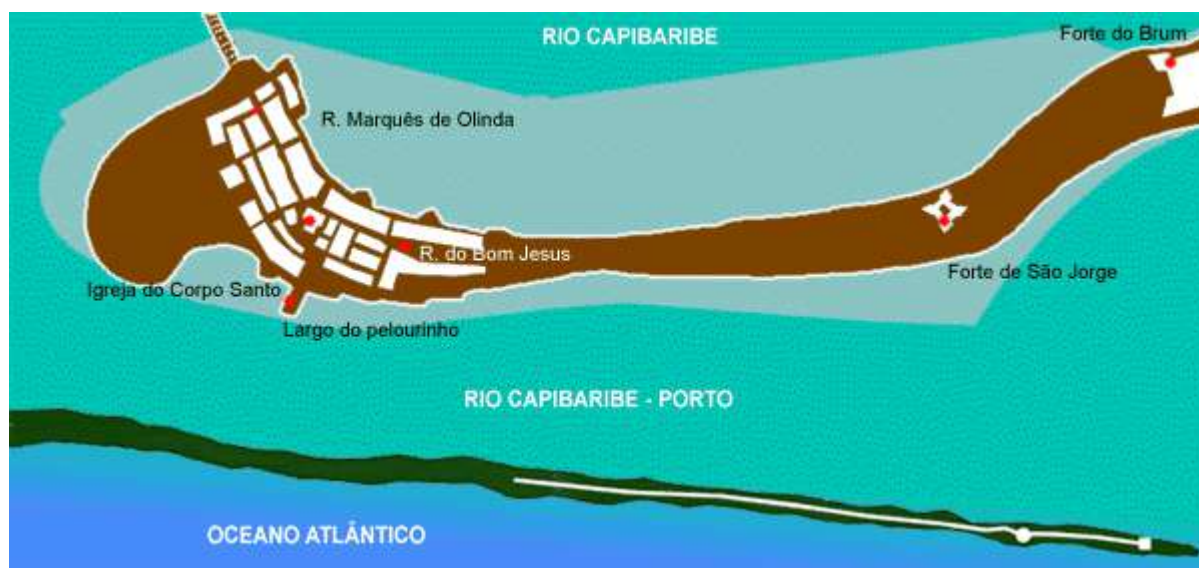
Fonte: MENEZES, J. L. M. Atlas histórico cartográfico do Recife. Fundação Joaquim Nabuco. Editora Massangana. 110p.1988.

Figura 1.3 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1637.



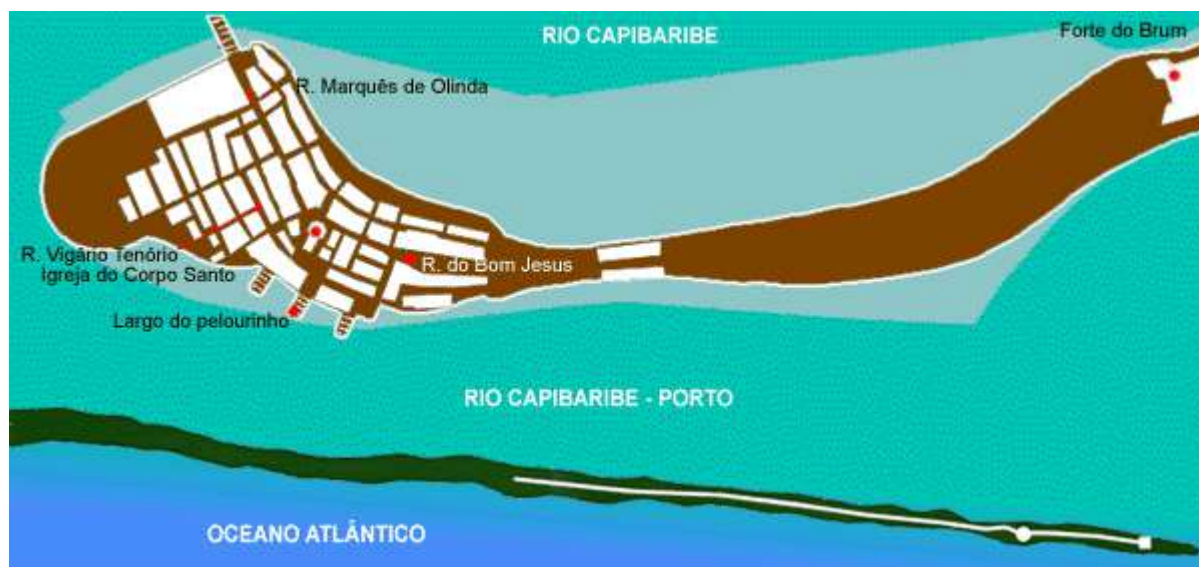
Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988.

Figura 1.4 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1648.



Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988.

Figura 1.5 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1733.



Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988

Figura 1.6 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1766.



Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988

Figura 1.7 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1808.



Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988

Figura 1.8 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1854.



Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988.

Figura 1.9 - Ocupação urbana do bairro do Recife no ano de 1906.



Fonte: Atlas histórico cartográfico do Recife - 1988.

À medida que a comercialização do açúcar assumia maior destaque no mercado internacional, seus preços também se elevavam, o que fomentava ainda mais a expansão dos engenhos continente adentro, que buscava por novas terras para a expansão dessa cultura agrícola, sempre margeando o leito dos rios e riachos, representando um processo de crescimento tentacular (HALLEY, op. cit., p. 72). Junto a essa expansão, ao longo do tempo, vários núcleos de povoamento foram surgindo como forma de suprir a demanda por comércio e outras necessidades humanas, decorrentes das atividades dos engenhos.

Entretanto, ao iniciar a segunda metade do século XVII, a comercialização açucareira sofreu um grande golpe com o início da produção do açúcar cultivado nas Antilhas. Este se apresentou financeiramente mais atrativo para o mercado consumidor externo, o que suscitou uma crise no setor da agroindústria brasileira (LISBOA, 2014) e que se estendeu até mais da metade do século XVIII.

Diante dessa situação diversos engenhos foram fechados, e deram espaço para sítios e chácaras, que eram frequentados pela alta burguesia no período do verão (MELO, 2007). As casas, sobretudo na várzea do Rio Capibaribe, como relata Vera Mayrinck Melo, em “As Paisagens do Rio Capibaribe no Século XIX e suas Representações”:

eram construídas com a frente para o rio, cada uma possuindo um cais de atracamento, com as escadas descendo para dar acesso às canoas e aos botes, constituindo o perfil de ocupação da margem esquerda do rio (MELO, 2007, p.257).

Figura 1.10 - Casarão do século XIX, com frente voltada para o Rio Capibaribe.



Fonte: MELO, Vera Mayrinck, As paisagens do Rio Capibaribe no século XIX e suas representações. Revista Paisagem e ambiente, 2007.

Assim, os rios, especialmente o Capibaribe, passam a ser destaques no cotidiano da cidade, chegando ao ponto de ser indicados para banhos por lazer ou medicinais (GASPAR, 2009). Isso demonstrava o grau de limpidez e qualidade de suas águas, como relatam cronistas e viajantes estrangeiros que por aqui estiveram:

Sobe pois o Capibaribe por muitas léguas para continente, sendo talvez um dos rios mais deleitáveis, e amenos que se conhecem tanto pelo cristalino de suas águas, como pelo plácido de sua corrente, o que de tal maneira atrai os moradores do Recife que quase a despovoam na estação de verão, para irem habitar por alguns meses em infinitas fazendas, deliciosíssimas casas de recreio, de que elas estão bordadas, sendo inumeráveis as pessoas que de um, e outro sexo se encontram, já banhando-se no rio, já sentadas, ou passeando, ou navegando em canoas à sombra de altas, e copadas árvores, que por um e outro lado acompanham o Capibaribe, e defendendo por longos espaços as águas da ardência do sol (VILHENA, 1969, p. 826-7).

No último quarto do século XIX, o acesso e permanência nos núcleos urbanos da cidade começavam a ser mais facilitado, em decorrência sobretudo do melhoramento do abastecimento da água na região, do aprimoramento de estradas

que rumavam ao interior, da construção de ruas e pontes, e do melhoramento dos transportes terrestres.

De forma geral, estes fatores possibilitaram dois importantes cenários: o primeiro foi que o tecido construtivo da cidade pôde expandir-se ainda mais sem a direta dependência dos rios e riachos como indutor dessa expansão; o segundo foi que as pessoas puderam usufruir de maneira menos sazonal das áreas mais afastadas da principal centralidade urbana, o que contribuiu para o espraiamento das demais localidades (HALLEY, 2013). Como consequência, a utilização dos rios como principal via de transporte e acesso começava a decair. Os rios perdiam assim o seu papel de destaque perante a sociedade da época. Isso se refletiu na construção das casas, que antes tinham seus acessos principais voltados para o rio, mas agora tinham estes voltados para a rua.

Entretanto, essa rápida expansão fomentou algumas dificuldades, como por exemplo na coleta e tratamento de esgoto, fazendo com que parte dos efluentes produzidos por essa nova quantidade de pessoas fosse despejada de maneira irregular nos cursos d'água. Também houve precariedades habitacionais, principalmente após a abolição da escravidão no final do século XIX, quando milhares de ex-escravizados, apesar de terem encontrado soluções criativas para o problema da falta de moradia, viram-se obrigados a ocupar as áreas de várzeas, embora com peculiaridades distintas de habitação (DE ALBUQUERQUE MELO, 2002), pois "só o mangue e o mocambo estavam à altura de suas posses" (CASTRO, 2001, p. 107).

No entanto, foi no decorrer do século XX, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, época onde também é percebida acelerado crescimento da indústria brasileira e local, que a relação conflituosa do Recife com suas águas urbanas tornaram-se mais acentuadas. Paralelo a este crescimento econômico, o Recife passa a receber grande número de pessoas oriundas do interior do Estado de Pernambuco, assim como de outros lugares, que migraram para a capital em busca de encontrar melhores condições de trabalho e moradia. Na sua grande maioria, essa nova parcela da população, por também não apresentar grandes condições financeiras, foram expulsas pelo mercado imobiliário, que apossou-se

das terras consideradas “mais nobres” (terras secas da área continental da planície), restando àquelas “alagadas e alagáveis, tomadas aos mangues e aos rios e, na maioria das vezes, aterradas com aterros de cotas insuficientes” (EMLURB, 2016, p. 08).

E foi nesse cenário de disputa por terras para habitação, densificação urbana, falta de políticas públicas eficazes e assistência governamental para diversos extratos da população (gerando uma sociedade com profundas desigualdades), que ocorreu o espraiamento urbano da população, sobre as das mais socialmente vulneráveis, sobre áreas que deveriam ter sido preservadas, como margens de corpos d’água, encostas íngremes, baixadas e áreas alagadas, ecossistemas naturais que fornecem serviços ecológicos essenciais para a sustentabilidade das cidades (EMLURB, op. cit). Como consequência dessa degradação a cidade sofre transtornos e prejuízos materiais e imateriais devido por exemplo as enchentes e deslizamentos de terra, especialmente para aqueles que residem próximos a áreas de risco, o que contribui para uma percepção social, da ideia que a proximidade com os atuais rios e riachos da cidade, estão associados a essas adversidades.

Na tentativa de melhorar o seu traçado e para minimizar os impactos na saúde da população que sofria pelo contato com a água contaminada, ao longo da história do desenvolvimento do Recife, alguns planos urbanísticos que influenciaram pelas questões sanitaristas e de ordenamento urbano foram propostos. Destaca-se aqui o do engenheiro civil Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, mais conhecido como Saturnino de Brito, em 1917. Brito preconizava a visão higienista em que propunha o aumento do escoamento da água, procurando drenar-la o mais rapidamente possível do convívio das pessoas por meio da canalização e retificação dos cursos d’água, evitando seu acúmulo, de modo a “frear” a proliferação de agentes patológicos e disseminação de determinadas doenças, como o cólera e as arboviroses, além de trazer embelezamento para as margens dos corpos d’água da cidade. Apesar das boas intenções, as ideias higienistas fundamentam-se no domínio e no controle da natureza, sobrepondo as vontades dos homens ao desenho e aos espaços moldados pela própria natureza. Razão pela qual essa abordagem vem sendo modificada por uma nova abordagem que gradualmente

substitui as infraestruturas urbanas convencionais de drenagem por soluções verdes, como será visto mais adiante.

1.2 O ciclo natural da água e sua problemática no meio urbano.

O ciclo natural da água ou ciclo hidrológico, é o fenômeno natural em que a água circula entre a litosfera, atmosfera e biosfera do Planeta, permutando entre os três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, caracterizando um circuito fechado que é alimentado principalmente pela energia solar e pela força da gravidade. Tem início quando o Sol incide sobre a Terra, transmitindo calor suficiente para sublimar ou evaporar as moléculas de água aqui presentes. Estas são elevadas até as camadas superiores da atmosfera, e ao se resfriarem, condensam em forma de chuva, neve ou granizo, retornando à superfície, podendo vir a acumular-se nos rios, lagos, oceanos, infiltrar-se no solo ou ser absorvida pelos os organismos vivos.

Porém, a urbanização de maneira descontrolada pode trazer consequências negativas ao ciclo natural da água e nos componentes hídricos como um todo, principalmente aqueles que se encontram presentes no meio urbano. A desregulação do ciclo da água tem como principal responsável as ações antrópicas, em decorrência do processo invasivo do espaço natural, da redução das massas vegetais e da impermeabilização do solo. Tudo isso, somado a um saneamento básico insatisfatório, ocasiona o aumento da concentração dos poluentes nas calhas dos rios e riachos e redução da capacidade de infiltração da água para os lençóis freáticos, tornando as cidades mais às enchentes, inundações e encostas que, ano após ano, ceifam ou desalojam milhares de pessoas (CARVALHO, 2012).

Se os gestores públicos adotarem uma postura de rivalidade e de domínio da natureza, onde não se respeitem os ambientes naturais presentes na cidade, à medida que os municípios crescem, tanto espacialmente como em número de pessoas, a tendência é que suas problemáticas urbanas relacionadas aos processos de ocupação territorial também acompanhem o mesmo ritmo. Esse tipo de ocupação desrespeitosa do solo das cidades reverbera em alterações ambientais, sobretudo a respeito dos cursos hídricos. Segundo MOURA et al.

(2003), isso ocasiona problemas hidrológicos, fragmentação do habitat ecológico, poluição dos corpos hídricos e comprometimento da paisagem. Esses são exemplificados a seguir.

Problemas hidrológicos:

“Chuvas causam deslizamentos de terra e deixam moradores de áreas de risco apreensivos no Grande Recife” - (LIRA, Jornal do Commercio, 2021); “Com chuvas fortes, Grande Recife tem alagamentos, queda de árvores e transtornos” - (Portal G1 PE, 2021). Ano após ano, manchetes como estas parecem possuir lugares marcados nas colunas jornalísticas da grande mídia. A tradicional forma de ocupação urbana, caracterizada pela acentuada modificação e impermeabilização do solo, bem como pela supressão da cobertura vegetal, resulta em maiores escoamentos superficiais da água ao longo do tempo, e quando associada a eventos chuvosos, podem desencadear danos sociais e econômicos, como os mencionados acima, devido ao aumento da vazão e do pico do volume escoado.

Fragmentação do habitat ecológico:

Ao se propor a criação de locais para novas moradias e vias de veículos próximos a corpos d'água, muitas vezes ocorre a descontinuidade da vegetação ciliar ou mesmo a canalização de áreas antes pertencentes à água. Isso resulta no impedimento de diversos organismos da fauna e flora em completar seus ciclos de vida ou de obter os recursos necessários para sua manutenção como espécie, perdendo, por exemplo, locais para moradia e alimentação.

Poluição:

É o terceiro ponto apontado por MOURA. A poluição dos corpos hídricos é um problema recorrente dos centros urbanos, principalmente pela incompatibilidade da expansão e adensamento territorial com a capacidade de suporte dos meios de coleta e tratamento de esgoto e limpeza pública (RIGHETTO; GOMES; FREITAS 2017). A ausência ou precariedade de um sistema de saneamento eficaz, principalmente o da coleta e tratamento sanitário, acarreta na grande quantidade das águas cinzas e águas negras que têm como destino final esses habitats ecológicos. Esses tipos de ambientes também são atingidos por um tipo de

poluição, denominada de difusa. Essa ocorre graças a impermeabilização do solo, que devido a alta concentração de elementos orgânicos, e inorgânicos como óleos e graxas, originários principalmente dos veículos automotivos, são transportados pela ação da chuva para dentro de suas calhas do corpos d'água. De acordo com o que é dito por (FREITA, 2013), sua detecção é de difícil aferição, pois está muito associado aos tipos de uso dado à ocupação do solo e as ocorrências meteorológicas.

Todas essas formas de agressões citadas até aqui, além de contribuir biologicamente com a degradação da cadeia dos ecossistemas existentes, também reflete na deterioração do vínculo do meio natural com o restante da cidade, resultando no quarto ponto relatado por MOURA, o comprometimento da paisagem, como será exposto do tópico a seguir.

Comprometimento da paisagem:

No Brasil, diversos fatores históricos e sociais comprometeram, por décadas, a qualidade dos ambientes aquáticos presentes nos meios urbanos. A ocupação agressiva sobre os rios e suas margens, o deterioramento das biotas e, segundo Santana (2018), a falta de reconhecimento dos cidadãos sobre a importância dos corpos d'água, bem como um planejamento ineficiente e uma fiscalização deficitária, são pontos importantes das causas de degradação e esquecimento dos canais da cidade. Isso contribui com a crescente deterioração da paisagem das águas urbanas, gerando uma lacuna nas relações e no envolvimento humanos com a natureza, além da errônea percepção da não responsabilidade de preservação e manutenção desses componentes naturais pelos demais indivíduos da população, compromissos estes que sempre são repassados para o poder municipal.

1.3 Desenho Urbano sensível às águas:

Para enfrentar os problemas que afetam as interações sociais com a água nas áreas urbanas e lidar com as emergências climáticas, a fim de evitar mudanças ambientais irreversíveis e proteger os recursos hídricos e florestais remanescentes em todo o mundo, vários debates têm sido realizados. Esses debates buscam a utilização consciente dos recursos do planeta e a busca por alternativas mais eficazes e adaptadas às novas questões ambientais. Algumas dessas importantes discussões aconteceram durante a Eco92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento) realizada no Rio de Janeiro em 1992, na Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica, em 2010 no Japão, no Acordo de Paris, em 2015, na França e na Nova Agenda Urbana, realizada no Equador em 2016.

Todos esses encontros são exemplos de marcos globais a respeito da ecologia e propõem acordos e metas ambientais que servem como guias para governantes de todo o mundo, cabendo a eles agora, o desafio de aplicá-las em escalas micro e macro, conectando e adaptando às particularidades de seus países. Dentre algumas dessas novas abordagens que trazem a água como tema central, destacam-se aquelas relacionadas aos mananciais presentes em regiões já densamente habitadas.

As novas soluções adotam modelos que se utilizam de Melhores Práticas de Gestão, ou em inglês, “Best Management Practices” (BMPs), que são práticas de gestão ambiental aplicadas para minimizar ou evitar impactos ambientais negativos decorrentes de atividades humanas, como a construção civil, a agricultura, mineração, entre outras. Essas práticas têm como objetivo a proteção e a conservação dos recursos naturais, além de promover a sustentabilidade e a responsabilidade social.

As BMPs podem incluir medidas como a adoção de tecnologias limpas, o uso racional da água e da energia, a destinação adequada de resíduos, o controle de emissões atmosféricas e o gerenciamento de áreas verdes e de biodiversidade. A aplicação dessas práticas pode trazer benefícios ambientais, sociais e biológicos,

como a redução de custos, a melhoria da qualidade de vida das comunidades e a conservação dos ecossistemas.

A implementação das BMPs pode ser incentivada por meio de políticas públicas, como a criação de leis, normas e programas de incentivo, além de campanhas de conscientização e educação ambiental para empresas e comunidades. A adoção das BMPs é uma estratégia importante para a promoção da sustentabilidade e para a conservação dos recursos naturais, pois mimetizam funções ecológicas e hidrológicas dos ambientes naturais, desempenhando papéis relacionadas ao manejo das águas urbanas, conforto ambiental, biodiversidade, alternativas de circulação, acessibilidades e imagem local (CORMIER; PELLEGRIN, 2008).

Dentre os mais conhecidos conceitos de gerenciamento das águas destacam-se o: Low Impact Development (LID ou Desenvolvimento de Baixo Impacto); Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS ou Sistemas Alternativos de Drenagem); Water Sensitive Urban Design (WSUD ou Desenho Urbano Sensível às Águas; Nature based Solution (NbS ou Soluções baseadas na Natureza - SbN). Todas essas, apesar de terem abordagens que se diferenciam um pouco uma das outras, buscam por alternativas de tratamento e gestão dos recursos hídricos que fujam do viés higienista de domínio e controle das águas em detrimento das vontades humanas.

Para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, será adotado para como fonte do conceito projetual, as ideias elaboradas pelo Water Sensitive Urban Design - WSUD, que apesar de ainda não possuir uma tradução do termo consolidado para o português, será aqui referida, para melhor compreensão didática, como, Desenho Urbano Sensível à Água - DUSA. Tal conceito apresenta-se numa perspectiva de gestão e integração do ciclo natural da água, com o planejamento e design urbano, como considerado pelo Código Geral Water Sensitive Urban Design (WSUD) da Austrália, elaborado em 2009 e de onde teve origem. Ele reconhece a importância da água como um recurso valioso e a considera em todas as etapas do planejamento, desde as fases do ordenamento territorial até o projeto detalhado de edifícios e espaços públicos.

O DUSA, busca a diminuição dos conflitos gerados no processo de urbanização, promovendo serviços ecossistêmicos que possibilitem uma relação harmoniosa entre a cidade e as águas, sempre buscando a participação ativa das comunidades para as suas tomadas de decisões. Dessa forma, é possível melhorar a qualidade de vida da população, bem como lidar com questões urbanas como a poluição ambiental, inundações, escassez hídrica, entre outros. Eventos estes que, quando atingem áreas urbanas, causam grande prejuízo aos cidadãos (HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z, 2010). O conceito DUSA, têm uma intrínseca ligação com as Soluções Baseadas na Natureza, pois faz uso de técnicas construtivas que se baseiam e mimetizam soluções encontradas na própria natureza, e que buscam solucionar problemas relacionados à sustentabilidade, conservação e uso racional dos recursos naturais, e onde cada uma delas possui benefícios específicos e pode ser adaptada de acordo com as necessidades e características locais. Na figura 1.11 a seguir, são apresentadas algumas ações que buscam proteger ou recuperar ecossistemas, que ainda se encontram em estado natural ou que já foram modificados pela interferência humana, bem como promover a sustentabilidade das águas urbanas.

Figura 1.11 - Compilado de infraestruturas SBN.



Fonte - Compilação do autor, baseado no que dito pelo código WSUD.

A utilização dessas abordagens, colaboram com a mudança da perspectiva social, que por vezes enxerga a água em meio urbano, como um potencial elemento de incômodo, podendo agora passar à vela como um recurso valioso.

No entanto, para que a aplicação eficiente do conceito DUSA seja alcançada em sua plenitude, é necessário integrá-lo diretamente à gestão e ao planejamento do uso do solo, utilizando suas funções infraestruturais e serviços ecossistêmicos de maneira descentralizada. Para isso, princípios preliminares elaborado pelo código australiano devem ser concebidos aos projetos de desenvolvimento urbano, abaixo são descritos alguns deles:

- Integração da comunidade nas tomadas de decisão;
- Proteção e melhoria da qualidade dos riachos, rios e áreas úmidas em ambientes dentro da área urbana;
- Conexão das infraestruturas de tratamento das águas de chuva com a paisagem, de forma a proporcionar melhor qualidade hídrica, e surgimento de espaços públicos que beneficiem a população e a vida animal;
- Reduzir ou amortizar os picos de grande volume d'água, proporcionando uma melhor absorção da água pelo solo;
- Divisão justa de custos, inclusive podendo acontecer parcerias com o capital privado e gestão pública.

Já entre os seus principais objetivos, o DUSA traz consigo as seguintes metas:

- Diminuição da quantidade de efluentes lançados nos rios e riachos urbanos;
- Aproximação dos moradores da região com as águas urbanas, devido a recuperação estética e qualitativa dos corpos d'água;
- Restauração ou preservação do regime hidrológico natural das bacias;
- Tratamento e utilização de águas pluviais, para que assim possa servir para as atividades humanas;
- Utilização de alternativas de tratamento de águas diferentes das utilizadas pelos modelos convencionais.

Todas essas ações podem trazer diversos benefícios e contribuir para que os processos naturais nas cidades sejam conduzidos de forma harmoniosa. No âmbito deste trabalho, será destacado o processo da fitorremediação e como ela pode ser construída a outras abordagens projetuais, que contribuirão para a recuperação da qualidade ambiental do objeto de estudo aqui escolhido.

Dentre as ações destacadas na figura 1.11, a escolha da fitorremediação ocorreu entre muitos fatores por se apresentar como uma alternativa natural para o tratamento das águas. Ela utiliza plantas e microorganismos para remover poluentes e contaminantes presentes na água. Além disso, a fitorremediação possui baixo custo e manutenção em comparação com outras técnicas de tratamento de águas pluviais. Outro fator relevante é a capacidade da fitorremediação de proporcionar uma redução do escoamento superficial. As plantas utilizadas nesse processo possuem sistemas radiculares densos e profundos, que ajudam a reter a água no solo. Isso contribui para diminuir a quantidade de água que flui diretamente para os sistemas de drenagem, diminuindo o risco de enchentes e a sobrecarga das infraestruturas existentes.

Ao longo do texto, todas as tentativas que tendenciaram por essa escolha serão melhores descritas e explicadas, a fim de demonstrar os benefícios e a eficácia da fitorremediação como uma abordagem sustentável para o tratamento das águas pluviais.

1.4 Os processos da fitorremediação:

A fitorremediação, também chamada de biorremediação, aponta para a capacidade natural que as plantas e os microrganismos a elas associados têm de remover, depurar ou isolar, para níveis seguros aos ecossistemas, os contaminantes que podem estar presentes no ar, solo ou água, através das ações metabólicas. Este tipo de técnica vem sendo utilizada desde o ano de 1991, sobretudo no continente Europeu, para recuperação de áreas degradadas pelas atividades antrópicas. Possuem representantes diversificados, onde os mais conhecidos são os jardins filtrantes, as biovaletas, as valas de infiltração, entre outros.

Nos centros urbanos, principalmente naqueles onde o serviço de saneamento básico se encontra insatisfatório, é comum o despejo irregular de águas cinzas, que são aquelas sobretudo vindas do uso doméstico das residências, como na utilização das pias, chuveiros, mangueiras, etc., e também as de águas negras, termo dado à água que se mistura com os dejetos humanos. A fitorremediação pode atuar nesse tipo de cenário, utilizando plantas específicas para as características encontradas, tornando a região ambientalmente sustentável e esteticamente agradável.

De maneira geral, as infraestruturas onde é aplicada a fitorremediação são chamadas de "alagados construídos" e são baseadas em ambientes naturais, como brejos e margens de rios e riachos, e possuem o intuito de reproduzir a capacidade de depuração, controle e retenção da água destes (MENDES, 2018).

Na fitorremediação, são diversos os seus processos de interação com os contaminantes orgânicos e inorgânicos do ambiente, porém para o desenvolvimento deste trabalho serão destacados a: **(1) fitoextração**, **(2) fitodegradação**, **(3) fitovolatização**, **(4) fitoestimulação** e a **(5) fitoestabilização**. Estes estão destacados na figura 1.12.

Na **fitoextração**, há o acúmulo no tecido vegetal dos contaminantes dispersos nos ambientes, e posteriormente esses devem ser recolhidos, pois as

plantas não possuem a capacidade de decompor essas substâncias.

Na **fitodegradação**, são utilizadas diversas espécies de plantas aquáticas nos processos de remediação, pois elas têm a capacidade de absorver e metabolizar as substâncias misturadas na água.

Na **fitovolatilização**, os poluentes que se encontram no estado sólido ou líquido, são transformados e liberados através das folhas, para o estado gasoso, estado esse que pode causar menores impactos ao ambiente.

Já a **fitoestimulação** conta de maneira simbiótica com os microorganismos presentes nas raízes das plantas, para degradar de maneira direta ou indiretamente os contaminantes.

O último mecanismo é a **fitoestabilização**, nela, a vegetação funciona simplesmente como uma barreira, impedindo que poluentes sejam carregados pela chuva para dentro dos corpos d'água, evitando assim que haja a proliferação excessiva de algas e plantas aquáticas em um processo denominado eutrofização, que diminuem significativamente os percentuais de oxigenação do meio, gerando por consequência a mortalidade de variados organismos aquáticos. Atua também contra a erosão superficial nas encostas de morros e margens de corpos d'água, promovendo a sua estabilização.

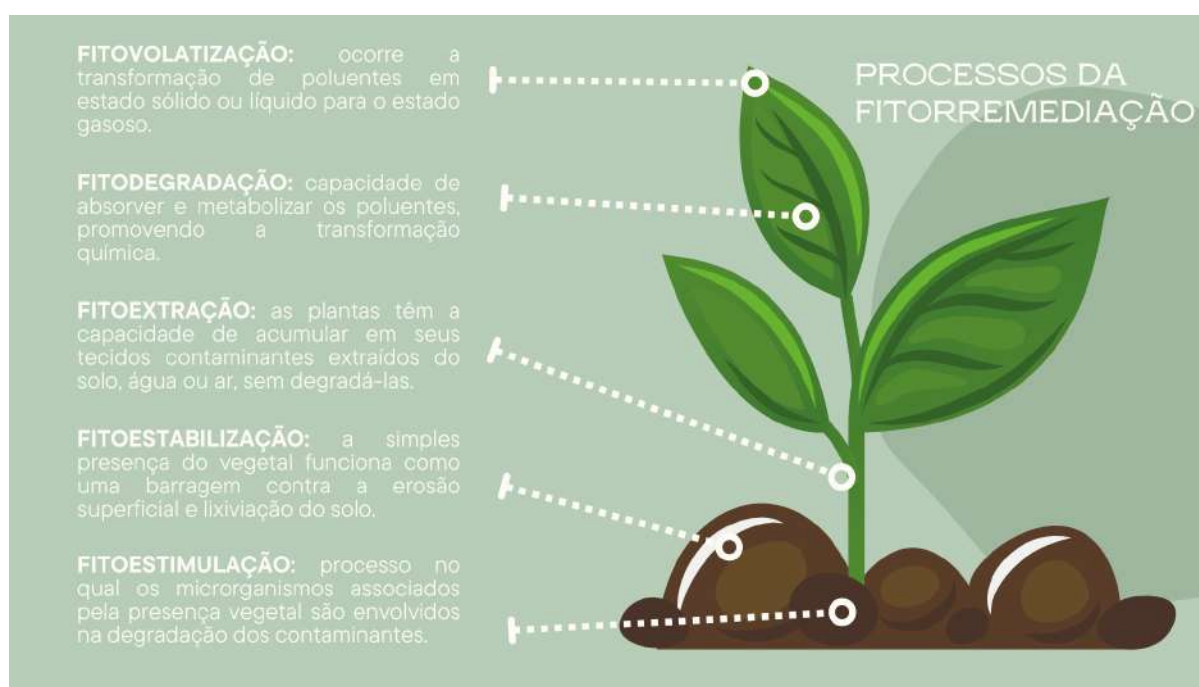
As soluções que utilizam-se da fitorremediação para o tratamento dos efluentes domésticos e industriais apresentam-se com um ótimo custo-benefício se comparadas às outras formas de intervenções urbanas de mesma temática (CHAVES et al., 2010), como demonstrado na tabela 1.1, chegando mesmo a custar por volta de 10% do valor, para o mesmo volume, se comparada a um sistema tradicional de uma Estação de Tratamento de Esgoto (CREA-GO).

Tabela 1.1 - Custo da fitorremediação comparada a outras tecnologias

Tipo de Tratamento	Custo variável/ton (US\$)
Fitorremediação	10-35
Aeração no solo	20-200
Lavagem do solo	80-200
Solidificação	240-340
Incineração	200-1500

Fonte: Tavares, Sílvio Roberto de Lucena. Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos/ Sílvio Roberto de Lucena Tavares. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009. p. 23.

Figura 1.12 - Processos da fitorremediação.



Fonte - Elaborado pelo autor.

Para que os processos da fitorremediação ocorram de maneira bem sucedida, é importante considerar alguns fatores. Entre eles, estão as características físico-químicas das substâncias contaminantes. Isso permite entender as particularidades do ambiente e determinar de forma mais eficiente a escolha das plantas adequadas. É essencial levar em conta a capacidade das plantas de tolerar o contaminante, seu fator de crescimento e sua capacidade de se manter saudável (COUTINHO; BARBOSA, 2007).

No âmbito deste trabalho, o objetivo principal é melhorar a qualidade da água do Riacho do Cavouco e tornar suas margens um lugar agradável para o desfrute da comunidade. Para isso, será dada ênfase na técnica da fitorremediação aplicada ao riacho, utilizando-se para isso, a aplicação de jardins filtrantes e dos módulos de ecossistemas flutuantes, onde ambos, de uma forma aqui resumida, fazem a requalificação do ambiente onde estão inseridos, por meio de plantas e microrganismos a eles associados. Mais adiante, apresentaremos os detalhes da intervenção projetual e as suas características específicas.

Serão expostos a seguir exemplos, no Brasil e em diversas partes do mundo, de casos onde o conceito DUSA, foi utilizado com sucesso. Essas abordagens visam proteger ou recuperar ecossistemas naturais que foram modificados pela interferência humana. Isso contribui para que os processos naturais nas cidades ocorram de forma harmoniosa e traz inúmeros benefícios, tais como o controle e a minimização dos efeitos dos alagamentos e das ilhas de calor, a melhoria dos indicadores da qualidade do solo, da água e do ar, a criação de nichos para o aumento e a proteção da biodiversidade e dos habitats, a proteção dos recursos naturais fundamentais para a vida no planeta, e a criação de espaços de lazer e educação. Esses espaços podem ser utilizados de forma multidisciplinar, promovendo o fortalecimento e a preservação dos ecossistemas, e demonstram como ações enérgicas por parte do poder público e por grandes autoridades, podem transformar cenários antes completamente deteriorados, em exemplos de recuperação ambiental.

1.5 Boas práticas de gestão sustentável das águas urbanas:

Seul - Riacho Cheonggyecheon:

O Riacho Cheonggyecheon é um famoso córrego localizado no coração de Seul, capital da Coreia do Sul. Ele desempenha um papel significativo na história e no desenvolvimento urbano da cidade. Durante muitos anos, o riacho foi uma área negligenciada, coberta por uma autoestrada elevada.

No entanto, em 2003, o governo de Seul decidiu empreender um projeto ambicioso de revitalização urbana, conhecido como Projeto Cheonggyecheon. A ideia principal era demolir a autoestrada e restaurar o riacho, interagindo-o em um espaço público atraente e acessível para os cidadãos, tornando Seul uma cidade moderna e ecologicamente correta.

O projeto foi concluído em 2005 e trouxe uma série de intervenções importantes. A autoestrada elevada foi demolida, revelando novamente o riacho que antes estava oculto. A água foi restaurada no córrego, criando um ambiente natural e sereno no coração da cidade. Uma trilha foi construída ao longo do riacho, permitindo que as pessoas caminhassem, corressem ou simplesmente relaxassem em um ambiente tranquilo, onde essa evolução pode ser vista nas figuras 1.13 e 1.14.

Além disso, foram adicionados recursos paisagísticos, como plantas, árvores e pedras, para criar uma paisagem mais agradável e natural. Pontes foram construídas para conectar diferentes partes da cidade, facilitando a mobilidade e efetivamente a conectividade urbana.

As intervenções ocorridas no Riacho Cheonggyecheon trouxeram vários benefícios para Seul. O projeto ajudou a melhorar a qualidade ambiental da área, satisfazendo a biodiversidade e aumentando a biodiversidade local. Também incluiu

um espaço recreativo para os cidadãos desfrutarem, oferecendo uma pausa e transformando o riacho em um refúgio da agitação da grande cidade (LIMA, 2018).

Além disso, o projeto teve um impacto positivo na economia da cidade. A área em torno do riacho se tornou um importante destino turístico, atraindo visitantes locais e estrangeiros. Os negócios locais se beneficiaram do aumento do fluxo de pessoas, e a região como um todo se transformou em um ponto turístico, atraindo pessoas de diversas localidades.

O Riacho Cheonggyecheon e suas intervenções são exemplos de como a revitalização urbana pode transformar uma área degradada em um espaço público vibrante e atraente. O projeto demonstra o compromisso de Seul em criar uma cidade mais sustentável, habitável e voltada para as pessoas.

Figura 1.13 - Riacho Cheonggyecheon, antes, durante e após as obras de revitalização.



Fonte: LIMA (2018)

Figura 1.14 - Riacho Cheonggyecheon, após revitalização.



Fonte: WIKIPÉDIA (2020).

Paris - Rio Sena.

Mas dos casos internacionais, talvez o que tenha maior importância para explicar as idéias defendidas pelo conceito do Desenho Urbano Sensível às Águas, o exemplo do Rio Sena, em Paris, França, seja o mais notável. O Rio Sena, um dos ícones mais famosos de Paris, tem passado por um processo contínuo de despoluição ao longo das últimas décadas. Houve várias intervenções para melhorar a qualidade da água do rio e restaurar seu ecossistema.

Uma das principais ações foi a modernização do sistema de tratamento de águas residuais da cidade. As estações de tratamento de água foram atualizadas e expandidas para lidar de forma mais eficaz com o volume de esgoto produzido por uma cidade densamente povoada como Paris. Isso ajudou a reduzir a quantidade de poluentes que fluem para o rio Sena.

Além disso, foram implementadas medidas para controlar e reduzir o consumo industrial. Restrições mais rigorosas foram aplicadas às empresas localizadas nas proximidades do rio, a fim de evitar que produtos químicos e resíduos sejam descartados diretamente nas águas.

Outra intervenção importante foi a criação de áreas verdes e de vegetação nas margens do Rio Sena. Isso ajudou a diminuir o escoamento de águas pluviais contaminadas e promover a infiltração natural da água no solo, atendendo a carga de poluentes que chegavam ao rio.

Além disso, esforços foram feitos para conscientizar a população sobre a importância da proteção e preservação do rio Sena. Campanhas educativas foram lançadas para incentivar as práticas de consumo em relação à gestão de resíduos e ao uso responsável da água, o que demonstrou a importância de ações em esforços conjuntos com diferentes esferas.

Essas intervenções têm mostrado resultados positivos ao longo dos anos. A qualidade da água do Rio Sena melhorou significativamente, permitindo que a vida aquática e a biodiversidade retornassem à região. Atualmente, o rio é

frequentemente utilizado para atividades recreativas, como passeios de barco e caminhadas ao longo das suas margens, como pode ser vista na figura 1.15. Apesar de muito já ter avançado, o compromisso contínuo com a despoluição e a sustentabilidade é fundamental para preservar esse importante patrimônio natural e garantir a saúde do ecossistema do Rio Sena.

Figura 1.15 - Pessoas tomando banho de Sol às margens do Rio Sena.



Fonte: Rafael Yaghobzadeh/Getty

São Paulo - Córrego Pirarungáua:

Aqui no Brasil, também encontramos alguns bons exemplos de intervenções. Um deles é o ressurgimento de um trecho do córrego Pirarungáua, localizado no município de São Paulo, dentro do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, onde também está localizado o Jardim Botânico. Desde os anos de 1945, parte desse trecho do córrego ficou tamponado fruto de uma visão da época que considerava corpos d'água como obstáculos e procurava escondê-los da vista através de dutos e galerias. Acima do córrego, foi construída uma alameda (figura 1.16), que, embora tivesse preocupação com a paisagem, com a presença de palmeiras jerivás e outras espécies vegetais, além de mobiliários urbanos, não permitia que o riacho fosse integrado à paisagem (DE SOUZA FREITAS; FRANCO, 2019).

Figura 1.16 - Vista da Alameda Fernando Costa antes do ressurgimento do córrego Pirarungáua.



Fonte: RAMALHOSO apud FREITAS & FRANCO, 2019, p. 144.

Entre os anos de 2007 e 2008, a alameda precisou passar por intervenção devido a vários trechos do piso, feito de pedras portuguesas, apresentarem afundamentos graves. Durante os estudos de viabilidade para a obra, foi considerado que a melhor opção era demolir a galeria existente (figura 1.17), o que resultou no ressurgimento do córrego.

Figura 1.17 - Obras para retirada do calçamento da Alameda Fernando Costa e destamponamento do córrego Pirarungáua.



Fonte: RAMALHOSO apud FREITAS & FRANCO, 2019, p. 146.

Durante a execução do projeto de revitalização do córrego, foram plantadas árvores nativas da Mata Atlântica. Além disso, para incentivar a contemplação e a visita ao parque, foram construídos decks suspensos de madeira ao longo do leito exposto do riacho, como mostrado na figura 1.18. Essas intervenções permitiram que o riacho voltasse a ser o destaque da paisagem, aproximando suas águas das pessoas (DE SOUZA FREITAS; FRANCO, Ibidem, 2019).

Figura 1.18 - Alameda Fernando Costa nos dias atuais com o córrego Pirarungáua correndo a céu aberto.



Fonte: FREITAS & FRANCO, 2019.

Manaus - Programa Prosamim:

Outro bom exemplo de intervenção que incorpora as Soluções Baseadas na Natureza e políticas públicas voltadas para o conceito de Desenho Urbano Sensível às Águas ocorreu no estado do Amazonas, no Brasil. As informações foram obtidas da Unidade Gestora de Projetos Especiais (UGPE) do Estado do Amazonas e referem-se ao programa Prosamim (Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus).

O Prosamim é um programa abrangente que visa melhorar as condições ambientais, urbanísticas e habitacionais dos igarapés de Manaus. Ele é baseado em dois componentes principais: o primeiro envolve a realização de obras de melhorias ambientais, urbanísticas e habitacionais, enquanto o segundo concentra-se em atividades voltadas para o desenvolvimento comunitário e fortalecimento institucional das entidades públicas envolvidas no programa. O objetivo é garantir a

sustentabilidade social e institucional das intervenções (FERREIRA; VALLINA, 2015).

O programa Prosamim possui três frentes de trabalho e atuou em trechos dos diversos igarapés de Manaus, como foi o caso do Igarapé Bittencourt e do Mestre Chico. Em todos esses trechos, como demonstra a figura número 1.19, havia um cenário urbano altamente adensado. Devido à falta de políticas sociais de saneamento básico e moradia digna, esses cursos d'água eram fortemente menosprezados.

Durante o decorrer do programa, que ocorreu de 2006 a 2009, cerca de trinta mil metros de igarapés foram tratados. Isso incluiu a desobstrução de suas calhas, construção de pontes e redes de saneamento básico, bem como o reassentamento de famílias em situação de vulnerabilidade social em conjuntos habitacionais próximos. Por meio dessas ações, os igarapés puderam ser requalificados (figura 1.20). Além da implantação de infraestruturas, também ocorreram intervenções paisagísticas e urbanísticas, transformando-os em bons exemplos de como a população urbana pode se beneficiar de políticas públicas que visem à recuperação ambiental dos corpos d'água.

Figura 1.19 - Igarapé Bittencourt, antes da intervenção.



Fonte: PROSAMIM, 2003.

Figura 1.20 - Igarapé Bittencourt, após intervenção.



Fonte: PROSAMIM, 2003.

Niterói - Parque Orla Piratininga:

Com uma área total de 680 mil m², dos quais 35.290 m² correspondem aos jardins filtrantes, o parque urbano Orla Piratininga Alfredo Sirkis está localizado às margens da Lagoa de Piratininga, na cidade de Niterói - RJ. Ele utiliza soluções baseadas na natureza para criar espaços atrativos para a população local, ao mesmo tempo em que promove a recuperação da qualidade ambiental.

Para reverter o processo de degradação da lagoa, foram implantadas infraestruturas como os jardins filtrantes, bacias de sedimentação, jardins de chuva, biovaletas e vertedouros. Essas infraestruturas se integram com ciclovias, ciclofaixas, vias de passeio, mirantes, museus e outros equipamentos públicos, retratados na figura 1.21 (Prefeitura Municipal de Niterói, 2021).

Figura 1.21 - Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis.



Fonte: Prefeitura de Niterói - RJ.

Belém - Ecoparque Natura.

Na região norte do Brasil, especificamente na cidade de Belém, capital do estado do Pará, encontra-se um complexo industrial da empresa de cosméticos Natura. A empresa decidiu tratar seus efluentes industriais e sanitários usando jardins filtrantes, conforme ilustrado na figura 1.22. Esses jardins utilizam plantas macrófitas para o tratamento ambiental, por meio de interações biológicas entre as plantas e seus microrganismos.

Além de tratar diariamente 132 m³ de efluentes de forma mais suave, os jardins filtrantes também embelezam o ambiente do ecoparque. Eles são compostos por lagos cercados por vegetação, que valorizam a paisagem e se integram harmoniosamente à arquitetura local.

Figura 1.22 - Vista de um dos jardins filtrantes do Ecoparque Natura, Belém - PA.



Fonte: Oppla, 2023.

Recife - Projeto Parque Capibaribe – Caminho das Capivaras

Nos últimos anos, a capital pernambucana também vem inserindo-se no nicho de cidades que buscam a reaproximação das pessoas com as águas dos seus rios urbanos. Apesar de que ainda muito precisa a ser conquistado, como por exemplo a completa coleta do esgoto gerado no município, o Recife vem desenvolvendo ações importantes de trato com os recursos hídricos.

O Rio Capibaribe, que corta a cidade do Recife, sempre desempenhou um papel importante na história e na identidade local. No entanto, ao longo dos anos, sofreu com a degradação ambiental, a fuga e o afastamento da população. O Projeto Parque Capibaribe surge como uma resposta a esses desafios, buscando evitar a importância do rio e integrá-lo à vida cotidiana da cidade. O projeto faz parte do plano estratégico Recife 500 anos e, por sua vez, traz importantes indagações

dos instrumentos urbanísticos, como, por exemplo, o Plano Diretor da cidade, as leis de Uso e Ocupação do Solo, as políticas para o combate às mudanças climáticas, entre outros.

O projeto prevê a criação de um sistema linear de parques ao longo das duas margens do rio, numa extensão total de 30 km. Isso ajuda o município a aumentar seu percentual de área verde por metro quadrado e integrar o rio à vida cotidiana da cidade. O objetivo é criar espaços públicos de convivência, lazer, cultura e sustentabilidade ambiental, promovendo o uso e a preservação do Rio Capibaribe. (DE ALENCAR, 2018).

Além disso, o Projeto Parque Capibaribe busca incentivar a participação da comunidade local, envolvendo os moradores no processo de planejamento e implementação. Por meio de atividades participativas e consultas públicas, a população é convidada a contribuir com ideias e sugestões, garantindo que o parque atenda às necessidades e desejos dos cidadãos.

A primeira etapa do projeto já foi concluída com a implantação do Jardim do Baobá, situado no bairro das Graças, zona norte do Recife, às margens do Rio Capibaribe. Anteriormente, no local, havia um estacionamento privado de veículos. Agora, existe um espaço com diversos equipamentos urbanos, como bancos e mesas, balanços em madeira e aço inox, e um píer flutuante formado por galões de polietileno que se estende além da calha do rio.

O parque recebe esse nome devido à presença de um indivíduo arbóreo do tipo Baobá, *Adansonia digitata*, com cerca de 15m de altura (figura 1.23). Desde a sua inauguração em 2016, o parque tornou-se mais um espaço de lazer na cidade, onde as pessoas podem contemplar a natureza e socializar.

Figura 1.23 - Representação artística do parque urbano Jardim do Baobá.



Fonte: Parque Capibaribe, 2016.

Expandindo o projeto Parque Capibaribe, no ano de 2019, inaugura-se o Parque das Graças, também localizado na Zona Norte do Recife, às margens do Rio Capibaribe, entre as pontes da Torre e da Capunga. Anteriormente, o local estava destinado à construção de uma via expressa de veículos, porém, cedeu espaço para mais uma área de lazer na cidade.

Assim como o Jardim do Baobá, o espaço conta com mobiliário urbano destinado às crianças e um paisagismo voltado para a contemplação e preservação da natureza. Em seu projeto, também está previsto a presença de um píer flutuante que se estenderá para dentro da calha do Rio. (figura 1.24) (PARQUE CAPIBARIBE, 2021).

Figura 1.24 - Representação artística do parque urbano “Parque das Graças”.



Fonte: Parque Capibaribe, 2016.

Todas essas e outras intervenções com temáticas similares visam promover uma melhor interação das pessoas com as águas. Para isso, abordam questões relacionadas à drenagem urbana, variáveis naturais e ocupações urbanas que causam alterações no ambiente hídrico. Somente por meio desses procedimentos é possível restabelecer a profunda relação da cidade com os corpos d'água, de acordo com a perspectiva conceitual defendida pelo DUSA.

CAPÍTULO 2 - A SUB-BACIA DO RIACHO DO CAVOUÇO E SUAS PARTICULARIDADES

2.1 Localização e aspectos morfológicos

Segundo o Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR), em seu Manual de Drenagem e Manejo, elaborado pela Prefeitura da Cidade do Recife no ano de 2016, capital pernambucana conta com 99 canais que somam aproximadamente 39.285 m de leito. Esses canais, juntamente com outros corpos d'água naturais, compõem o sistema de macrodrenagem da cidade. No entanto, a notoriedade desses canais por vezes é pouco reconhecida pela população, devido aos frequentes aterros ocorridos durante o desenvolvimento urbano da região.

Outro fator que atinge diretamente os recursos hídricos, sobretudo os diversos riachos urbanos, são os decorrentes dos despejos clandestinos de esgoto doméstico e a poluição difusa. Apesar de sua importância como metrópole regional, o Recife ainda encontra dificuldades que não são condizentes com essa sua posição, como no saneamento básico, onde, e principalmente na baixa oferta dos serviços de esgotamento sanitário, em que a capital pernambucana apresenta uma situação preocupante.

No que tange ao abastecimento de água, segundo os dados do Instituto Trata Brasil - ITB, no ano de 2022, no Recife, 89,45% da população do município possuía abastecimento de água potável em suas residências, o que é considerado um percentual satisfatório. Já em relação à coleta e tratamento de esgoto, a situação é caótica. Ainda segundo o ITB, estima-se que apenas 44,01% da população da capital recebe atendimento de coleta de efluentes e, desse valor, apenas 75,02% são tratados. Esses índices refletem-se no grande aporte de resíduos sólidos e em

águas servidas in natura, que são lançados nos riachos que cortam a malha construída da cidade. Isso ajuda a compor um cenário no imaginário popular, onde os córregos urbanos ocupam a posição de verdadeiras "cloacas" de esgotos a céu aberto, onde o lixo, o entulho, animais e as ocupações irregulares se encontram.

Não muito distante desse cenário de degradação ambiental que afeta os componentes hídricos urbanos está o Riacho do Cavouco. Ainda segundo o que é constatado no PMDR, o Cavouco possui uma extensão de aproximadamente 5.340 m e uma área de sub-bacia de 2,81 km², o que o torna um importante componente da macrodrenagem da zona oeste do Recife. É um afluente da margem direita do Rio Capibaribe e o objeto chave deste estudo, o qual procura trazer a discussão teórica e exemplos de desenhos DUSA, com foco na implantação de técnicas fitorremediadoras que podem ser aplicadas a ele, objetivando a melhoria de suas qualidades ambientais e paisagísticas.

Atualmente, o Cavouco apresenta-se com cerca de 70% do seu leito revestido por paredes laterais em alvenaria de pedra e concreto (PMDR, 2016). Oficialmente, inicia o seu percurso no bairro da Cidade Universitária, na área popularmente conhecida como "laguinho", nome dado devido a um lago artificial criado no ano de 1980 dentro da gleba pertencente ao *campus* Joaquim Amazonas, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Entretanto, e por motivos ainda não totalmente conhecidos, desde o ano de 2017, este lago não mais se apresenta de maneira perene, vindo a ter seu volume d'água diminuído ou mesmo zerado nos períodos de maior escassez pluviométrica do ano. Só voltando a ter sua metragem cúbica máxima restabelecida nos meses com maiores intensidades de chuva, o que coloca em dúvida a verdadeira localização do olho d'água do riacho. Isso leva a supor que atualmente, seu volume fluvial ocorre graças aos efluentes domésticos despejados sobre a rede pluvial de drenagem, que têm no Cavouco seu destino final.

Uma série de estudos mais conclusivos vem sendo desenvolvida por professores e alunos da UFPE na tentativa de definir as causas dessa secagem. No entanto, já se sabe que a diminuição do nível do lençol freático, devido à

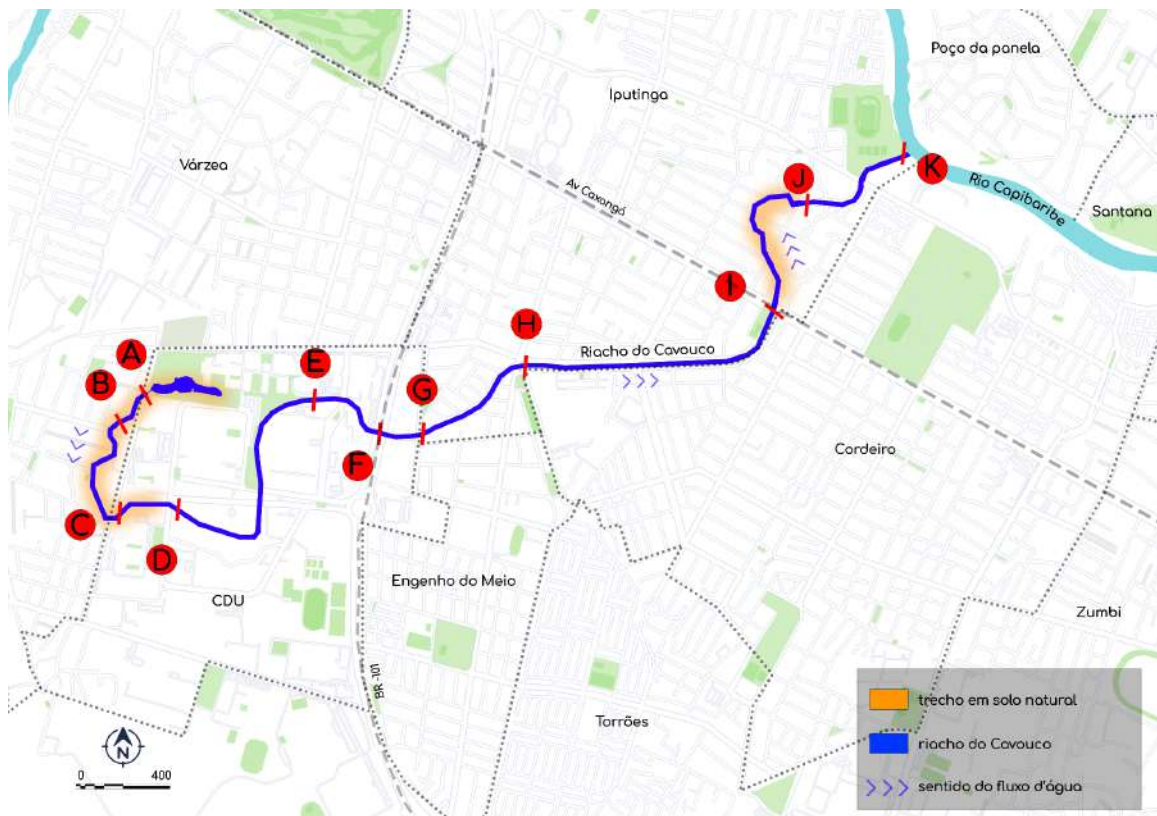
impermeabilização excessiva do solo, desempenha um papel significativo nessa questão.

No restante do seu percurso, o Cavouco adentra por bairros populosos, onde a malha construída já se encontra consolidada, são eles: o bairro da Várzea, da Cidade Universitária e da Iputinga. E a depender de como acontecem as relações sociais dos moradores das redondezas com as margens do Cavouco, diferentes valores e significados podem ser atribuídos aos cenários por ele formados (SANTANA, 2018). Já no final do seu percurso no bairro da Iputinga, após transpor a Av. Caxangá, recebe o aporte das águas do Riacho Caiara, vindo posteriormente a desaguar no Rio Capibaribe, nas proximidades do Parque do Caiara.

No tocante ao zoneamento do solo, o Riacho do Cavouco, de acordo com o Plano Diretor 2021 da cidade do Recife, encontra-se na Zona de Desenvolvimento Sustentável - ZDS Capibaribe, que tem como objetivo requalificar o espaço urbano coletivo, permitir a convivência de usos múltiplos no território, recuperação de áreas degradadas, implantação de corredores ecológicos urbanos, garantia de padrões sustentáveis de ocupação, integração de espaços verdes, proteção dos elementos já construídos e reconhecidos como marcos na paisagem, de programas de revitalização de cursos d'água, implantação de ciclofaixas e ciclovias sobre esta rede ambiental estruturadora do território.

Para melhor compreensão dos aspectos técnicos das condições gerais das suas margens, no ano de 2016, a prefeitura da cidade do Recife, por meio do seu PDMR, segmentou o riacho em dez trechos, que são mostrados na figura 2.1, a seguir.

Figura: 2.1 - Estudos de concepção para gestão em manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife - Riacho do Cavouco, Percurso do Riacho Cavouco da nascente até a foz.



Legenda: Os segmentos de A a K, referem-se às características do Riacho do Cavouco expostas nos quadros abaixo. Fonte: Elaborada pelo autor com base no PDMR, 2016.

As características técnicas dos trechos do riacho, juntamente com outros dados coletados in loco pelo autor, são apresentadas nos quadros de números 1.1 a 1.10, expostos logo abaixo. Nos trechos analisados, foram observadas questões como a forma da seção, a extensão, largura e profundidade média da calha, o tipo de revestimento, as características da vegetação presente no local e a ocupação das margens, assim como a sua vulnerabilidade a sofrer alagamentos.

Quadro 1.1 - Características do Riacho do Cavouco no trecho A - B.

Trecho A - B do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	IRREGULAR
Extensão	130 m
Largura	1.80 m
Ocupação das Margens	POR HABITAÇÕES
Revestimento das Margens	NÃO REVESTIDAS
Vegetação presente	ESPONTÂNEA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.2 - Características do Riacho do Cavouco no trecho B - C.

Trecho B - C do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	IRREGULAR
Extensão	570 m
Profundidade	2,80 m
Ocupação das Margens	POR HABITAÇÃO
Revestimento das Margens	NÃO REVESTIDO
Vegetação presente	ESPONTÂNEA
Passivo a inundações?	SIM

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.3 - Características do Riacho do Cavouco no trecho C - D.

Trecho C - D do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	IRREGULAR
Extensão	270 m
Profundidade	4,00 m
Ocupação das Margens	SOLO NATURAL
Revestimento das Margens	SOLO NATURAL
Vegetação presente	ARBÓREA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.4 - Características do Riacho do Cavouco no trecho D - E.

Trecho D - E do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	TRAPEZOIDAL
Extensão	1.190 m
Profundidade	2,00 m
Largura	5,90 m
Ocupação das Margens	INSTITUCIONAL
Revestimento das Margens	ALVENARIA DE PEDRA
Vegetação presente	ESPONTÂNEA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.5 - Características do Riacho do Cavouco no trecho E - F.

Trecho E - F do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	TRAPEZOIDAL
Extensão	210 m
Profundidade	2,00 m
Largura	8,90 m
Ocupação das Margens	INSTITUCIONAL
Revestimento das Margens	PEDRA E CONCRETO
Vegetação presente	ESPONTÂNEA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.6 - Características do Riacho do Cavouco no trecho F - G.

Trecho F - G do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	TRAPEZOIDAL
Extensão	160 m
Profundidade	2 m
Largura	7,70 m
Ocupação das Margens	INSTITUCIONAL
Revestimento das Margens	CONCRETO
Vegetação presente	ARBÓREA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.7 - Características do Riacho do Cavouco no trecho G- H.

Trecho G - H do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	RETANGULAR
Extensão	520 m
Profundidade	2 m
Largura	4,80 m
Ocupação das Margens	POR HABITAÇÕES
Revestimento das Margens	BLOCOS DE CONCRETO
Vegetação presente	ESPONTÂNEA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.8 - Características do Riacho do Cavouco no trecho H - I.

Trecho H - I do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	RETANGULAR
Extensão	1.165 m
Profundidade	2 m
Largura	4,80 m
Ocupação das Margens	POR HABITAÇÃO
Revestimento das Margens	GABIÃO
Vegetação presente	ARBÓREA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.9 - Características do Riacho do Cavouco no trecho I - J.

Trecho I - J do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	IRREGULAR
Extensão	615 m
Largura	5,50 m
Ocupação das Margens	POR HABITAÇÃO
Revestimento das Margens	SOLO NATURAL
Vegetação presente	ESPONTÂNEA
Passivo a inundações?	SIM

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Quadro 1.10 - Características do Riacho do Cavouco no trecho J - K.

Trecho J - K do Riacho do Cavouco	
Formato da Calha	RETANGULAR
Extensão	615 m
Profundidade	2 m
Largura	6,80 m
Ocupação das Margens	POR HABITAÇÃO
Revestimento das Margens	BLOCO DE CONCRETO
Vegetação presente	ARBÓREA
Passivo a inundações?	NÃO

Fonte: Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), 2016, com detalhes do autor.

Além das características listadas acima, chama a atenção no Riacho do Cavouco os seus fatores sociais e biológicos também presentes. No tópico a seguir, são desenvolvidos alguns desses recursos.

2.2 O Riacho do Cavouco: Características sociais e biológicas:

No contexto histórico, podemos inferir que o Riacho do Cavouco é, sem dúvida, integrante e testemunha do povoamento e do desenvolvimento dos bairros da zona oeste, assim como o da própria cidade. Desde as primeiras colheitas de terras na várzea do Capibaribe, acreditou ótimas para o cultivo da cana-de-açúcar, conheceu diversos povoados e engenhos, incluindo o Engenho São João, Engenho Santo Antônio e Engenho do Meio, que atraíram pessoas para essas áreas. As produções desses engenhos eram escoadas em canoas até o Porto do Recife (ANDRADE, 2009).

De início, o riacho era fonte de força motriz para fazer girar a roda d'água responsável por moer a cana-de-açúcar utilizada na fabricação dos subprodutos produzidos pelo Engenho do Meio, daí o seu nome, dado graças à "rubrica arquitetônica que definem como paredes de pedras que seguram a roda d'água" (Oliveira, et al., 2017, p. 145).

Como mencionado anteriormente, os bairros que circundam as margens do riacho encontram-se urbanisticamente consolidados e, de uma maneira geral, os três bairros por onde decorre o seu leito demonstram as seguintes características:

- O bairro da Cidade Universitária é formado por cerca de 222 domicílios, dos quais 40 edificações fazem parte da infraestrutura do campus Joaquim Amazonas da UFPE. Conta com quase 35 mil pessoas entre servidores e estudantes, segundo o que foi demonstrado pelo Portal de Serviço para o Cidadão da prefeitura do Recife.
- O bairro da Iputinga, até o último censo geográfico realizado em 2010, contava com cerca de 52 mil habitantes. A história desse bairro começa próximo ao leito do Rio Capibaribe, o que ocasionava danos materiais e pessoais aos seus habitantes, decorrentes das intensas

cheias deste rio. Atualmente, o bairro possui quase 16 mil domicílios e uma população residente estimada em cerca de 52.500 moradores, conforme informações disponíveis no Portal de Serviço para o Cidadão da prefeitura da cidade.

- O bairro da Várzea ainda preserva em sua maior plenitude residências térreas unifamiliares e pequenos comércios locais, o que contribui para o aspecto de tranquilidade e proximidade entre os moradores. No entanto, esse cenário vem mudando nos últimos anos, devido à implantação de grandes edifícios residenciais em algumas ruas e avenidas principais do bairro (SANTANA, 2018).

Nos três bairros mencionados, a maior porcentagem da população se autodeclara como parda, conforme registrado no Censo de 2010, e possui um rendimento nominal médio mensal por domicílio de cerca de R\$ 2.050. A população é atendida, em grande parte, pelos serviços básicos de infraestrutura indispensáveis, como abastecimento e distribuição de água, gás, energia elétrica, rede telefônica, saneamento e transporte público. O bairro de Cavouco também está localizado próximo a outros bairros com características urbanas semelhantes, como Engenho do Meio, Torrões e Cordeiro, todos situados na zona oeste do Recife.

Outro aspecto a ser considerado na área de influência do Cavouco é a presença da Comunidade de Interesse Social Toca do Bigode (CIS), juntamente com algumas Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), como a ZEIS do Campo do Banco, localizada no bairro da Várzea, e que teve sua existência oficializada pela Lei Municipal nº 15.925/94 da cidade do Recife, só tendo acesso à água encanada em 1978 e ainda apresentando condições precárias de esgotamento sanitário. Próxima dali encontra-se a ZEIS Sítio Wanderley, com cerca de 6,16 hectares de área, regulamentado em 1987 durante a gestão do então prefeito Jarbas Vasconcelos. Mais adiante, está localizado a ZEIS Torrões, uma ocupação que teve início nos anos de 1920 e originalmente ocupava uma área alagável na margem direita do Rio Capibaribe. Todas essas áreas possuem uso predominantemente habitacional, com destaque para casas unifamiliares construídas em alvenaria.

No que diz respeito ao nível econômico de sua população, as comunidades ZEIS não fogem à realidade das cerca de 520 ocupações da cidade. Grande parte dos moradores, sobrevivem das atividades ligadas ao setor informal, sendo relevante o número de trabalhadores de diversos nichos da construção civil ou que encontram-se marginalizados do mercado de trabalho fixo.

Próximo ao riacho, é relevante ressaltar a presença da Zona Especial de Preservação do Patrimônio Histórico-Cultural (ZEPH), que engloba duas igrejas importantes: a de Nossa Senhora do Rosário, fundada em 1612, e a Nossa Senhora do Livramento, pertencente a uma irmandade composta por pessoas escravizadas. Além das igrejas, a ZEPH abriga também a Praça Pinto Damaso, popularmente conhecida como Praça da Várzea, e o antigo Hospital Odontológico Magitot, que hoje se encontra em ruínas.

Outra construção que se encontra nas proximidades do Cavouco é o edifício da antiga sede da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). O prédio, inaugurado em 1974 e localizado no bairro do Engenho do Meio, é um ícone da arquitetura moderna brasileira e atualmente compõe o conjunto de edifícios patrimoniais da UFPE. Todos estes locais citados podem ser percebidos no mapa da figura 2.2.

[illegible]

Já em relação aos aspectos naturais, a cobertura de vegetação ciliar do Cavouco, atualmente apresenta-se dividida entre corredores arborizados e vastas áreas dispostas apenas com gramíneas, o que implica em precariedade em fatores ambientais, como conforto térmico, sequestro de carbono, corredores ecológicos e de integração com ambientes naturais. Visto de uma escala mais ampla, na área circunvizinha do Riacho do Cavouco podem ser notadas manchas de vegetação de florestas de Mata Atlântica, que são cadastradas pela Lei nº 16.176/96, da cidade do Recife, como 'Unidades de Conservação'. É o caso do Parque Estadual de Dois Irmãos, das Matas do Curado, da Mata da Várzea, da do Círculo Militar, assim como do Jardim Botânico do Recife, OLIVEIRA et al (2017).

A proximidade do Riacho do Cavouco com unidades de conservação e sua conexão com o Rio Capibaribe destacam a importância de preservar a vegetação e a água do local. Apesar da presença de poluição, é comum encontrar peixes, como a tilápia (*Oreochromis niloticus*), e répteis, como o cágado-de-barbicha (*Phrynops geoffroanus*), teiús (*Tupinambis* sp) e até mesmo jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*). Há também uma variedade de aves e mamíferos, como o Gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*), conhecido como Timbu, e o Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*). Além disso, há espécies arbóreas adaptadas ao clima da região, como a acácia-rubra ou flamboyant (*Delonix regia*), de origem exótica, e outras nativas da Mata Atlântica, como o Ingazeiro (*Inga vera*) (OLIVEIRA et al., 2017). Essas espécies, apresentadas no quadro 2.1, representam apenas uma pequena parte da diversidade biológica encontrada nas proximidades do riacho.

Quadro 2.1 - Espécies encontradas no Riacho do Cavouco.

	
<i>Oreochromis niloticus</i>, popularmente conhecido como Tilápia.	<i>Phrynops geoffroanus</i>, popularmente conhecido como Cágado-de-barbicha.
	
<i>Tupinambis sp</i>, popularmente conhecido como Teiú.	<i>Caiman latirostris</i>, popularmente conhecido como Jacaré-de-papo-amarelo.
	
<i>Didelphis albiventris</i>, popularmente conhecido como Gambás-de-orelha-branca.	<i>Rupornis magnirostris</i>, popularmente conhecido como Gavião-carijó.

continuação do quadro 2.1 - Espécies encontradas no Riacho do Cavouco.

	
<i>Delonix regia</i>, também conhecida como acácia-rubra ou flamboyant.	<i>Inga vera</i>, conhecida como Ingazeiro.

Fonte: Elaborado pelo autor com imagens obtidas na internet.

Apesar do cenário degradado decorrentes das atividades humanas, a biota presente em seu leito persiste, representada por espécies resistentes ao ambiente impactado, evidenciando ainda mais a importância da preservação das qualidades naturais do Cavouco.

2.3 O território do Cavouco e seus agentes: comunitários e institucionais:

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Recife ocupou, por anos, o primeiro lugar entre as capitais mais desiguais do país e, com frequência, retorna a essa posição. Devido a isso, as comunidades ao redor do Cavouco se tornam o primeiro agente urbano que influencia as características naturais do riacho, especialmente aquelas em maior vulnerabilidade social. Nessas comunidades, muitas vezes o esgotamento sanitário e o ordenamento territorial das residências ocorrem de forma precária, resultando na poluição do riacho e na ocupação de sua pequena calha. Essa é a realidade de parte das comunidades ZEIS mencionadas anteriormente. O estrangulamento do riacho e os efeitos da poluição, conforme apontado por TUCCI (2002), comprometem a sustentabilidade hídrica das cidades e agravam os transtornos sociais e econômicos, principalmente para as pessoas que vivem em áreas de risco. Estes cenários, geram uma lacuna nas relações humanas com a natureza e uma ideia errônea por parte das pessoas da não responsabilidade de preservação e manutenção dos componentes naturais, compromissos estes que são quase sempre repassados para o poder municipal (SANTANA 2018).

A gestão pública é o segundo agente de grande influência sobre o Cavouco. Embora não tenha responsabilidade no trecho presente dentro da UFPE, a Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) é responsável pela manutenção dos riachos do Recife, incluindo os demais trechos do Cavouco. Nas ações de limpeza sobre o Cavouco, são utilizados maquinários pesados, como por exemplo as retroescavadeiras, devido a existência de grande quantidade de sedimentos e resíduos sólidos depositados sobre seu leito que, conforme observado por Fonseca Neto (2018), prejudicam a vida aquática e comprometem o funcionamento adequado do sistema de microdrenagem e reduzem a capacidade de escoamento. No entanto, o uso desses equipamentos também causa danos ao córrego, não sendo considerado o melhor método de limpeza, pois afeta

negativamente a biodiversidade presente nas margens e no fundo desses corpos d'água.

A gestão municipal foi responsável pela canalização das margens do riacho Cavouco, que atualmente conta com 4.085 m de margens revestidas por placas pré-moldadas em concreto-armado ou pela construção de paredes em rochas (PDMR). Essa característica indica claramente que, durante as etapas de urbanização da cidade, adotou-se procedimentos do modelo higienista em que o riacho foi contido, impedindo seu espriamento por áreas naturalmente pertencentes a ele, sendo tratado como mero componente da drenagem urbana.

Contudo, e ainda que de forma lenta, um movimento de revitalização do riacho vem acontecendo em determinados pontos. Cabral et al. (2015) afirmam que existe um processo de mudança de paradigma em relação aos rios urbanos na cidade. A exemplo, o programa Orçamento Participativo, introduzido em Recife no ano de 2001 e tinha por objetivo formular o debate e definição junto à população das prioridades de investimentos em obras e serviços a serem realizados com os recursos financeiros da prefeitura a cada ano. Para o Riacho do Cavouco, foram propostas obras de requalificação das margens com construção de calçadas e ciclovias para o uso desses espaços pela comunidade, além da implantação da academia pública e pista de cooper na Praça Professor Coelho de Almeida, no Cordeiro, nas proximidades da Av. Caxangá.

Ações dessa natureza, que envolvem intervenções nos riachos urbanos e se utilizam dos anseios e da participação popular, tornam-se fundamentais para que se obtenha.

o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, a sustentabilidade ambiental, a justiça social e um modelo de governança que seja transparente, democrático e adaptável às rápidas mudanças sociais e ambientais que vêm acontecendo no planeta (SANTANA, 2020, p. 39).

O terceiro agente modificador dos componentes do Riacho do Cavouco é a UFPE, representada pelo seu campus Recife. A Universidade conta com uma população de cerca de 29 mil alunos matriculados nos cursos de graduação e uma

área territorial de cerca de 1,604 milhão de metros quadrados. Ela está situada na Região Político Administrativa IV (RPA4) da cidade, de acordo com os dados presentes no seu plano diretor para discussão no ano de 2020.

A relação entre o Riacho do Cavouco e a UFPE é ambígua. Dentro da universidade, algumas áreas são arborizadas e demonstram um cuidado paisagístico evidente. No entanto, existem outras partes em que a presença do riacho é praticamente ignorada, devido às condições de acesso difíceis e à falta de atrativos para as mesmas.

No trecho pertencente à UFPE, a quantidade de resíduos sólidos na calha do Riacho do Cavouco é relativamente baixa. No entanto, é possível observar a presença de tubulações provenientes do sistema de drenagem urbana e de outras origens desconhecidas, que despejam seu conteúdo no riacho. Na figura 2.3, é apresentada uma foto ilustrativa de um desses pontos de despejo, juntamente com suas identificações e localizações detalhadas no Quadro 2.2 e nas figuras 2.4 a 2.8.

Muitos desses pontos de despejo estão relacionados ao lançamento de águas contaminadas, incluindo resíduos provenientes dos laboratórios da universidade e do Hospital das Clínicas. Essa contaminação é evidenciada pela concentração de poluentes que excede os limites aceitáveis, conforme indicado por diversas pesquisas realizadas pela própria comunidade científica do campus. No entanto, é preocupante o fato de que esses dados obtidos pelos pesquisadores têm sido pouco utilizados nos processos internos de gestão ambiental da UFPE.

Em relação ao sistema de coleta e tratamento de efluentes, os prédios da UFPE adotam diferentes abordagens. Por exemplo, os prédios do complexo do HC, o antigo edifício da Sudene, a Casa do Estudante Universitário Masculina, o antigo Restaurante Universitário e a Reitoria são conectados à rede coletora que se interliga à Estação Elevatória do bairro do IPSEP. Essa estação bombeia o volume gerado para a Estação de Tratamento de Esgoto do bairro de Roda de Fogo. Por outro lado, os demais prédios da Universidade utilizam sistemas como fossas secas, valas de infiltração e filtros biológicos para o tratamento dos efluentes.

Figura 2.3 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho da UFPE.



Fonte: Acervo pessoal... 2022.

Quadro 2.2 - Pontos de despejos de efluentes em trecho do Riacho do Cavouco.

01. Água pluvial (BR 101)	02. Esgoto (Medicina)
03. Água pluvial (Medicina)	04. água pluvial (HC)
05. água pluvial (HC)	06. Água pluvial (HC)
07. Água pluvial (Medicina)	08. Esgoto de Medicina
09. Esgoto (Medicina)	10. água pluvial (Medicina)
11. Esgoto (NASC)	12. Água pluvial (NASC)
13. Água pluvial (HC)	14. Esgoto (HC)
15. Esgoto (HC)	16. Água pluvial (Medicina)
17. Esgoto (HC)	18. Água pluvial (HC)
19. Água pluvial (SVO)	20. Água pluvial (HC)
21. água pluvial (HC)	22. Água pluvial (Medicina)
23. água pluvial (Medicina)	24. água pluvial (Medicina)
25. água pluvial (HC)	26 Água pluvial (Mestrado)
27 Água pluvial (HC)	28 Água lavanderia (HC)
29 Esgoto (pós Graduação Medicina)	30 Esgoto (HC)
31 Água pluvial (Odontologia)	32 água pluvial (Odontologia)
33 Água pluvial (Odontologia)	34 Água pluvial (Ageu estacionamento)
35 Esgoto (cantina Ageu)	36 Água pluvial (Ageu)
37 Água pluvial (Nupit)	38 Água pluvial (Nupit)
39 água pluvial (Antibiótico)	40 Esgoto Antibiótico (Antibiótico)
41 água pluvial (Estacionamento CCSA)	42 Esgoto (Ageu Magalhães)
43 Esgoto (Ageu Magalhães)	44 água pluvial (Ageu Magalhães)
45 água pluvial (Ageu Magalhães)	46 Água pluvial (Estacionamento CCSA)
47 Água pluvial (Pista de Cooper)	48 Água pluvial (Ageu Magalhães)
49 Água pluvial (Ageu Magalhães)	50 Água pluvial (Pista de cooper)

51 Água pluvial (pista de Cooper)	52 Esgoto (Ageu Magalhães)
53 Água pluvial (pista de Cooper)	54 Água pluvial (pista de Cooper)
55 Água pluvial (pista de Cooper)	56 Água pluvial (pista de Cooper)
57 Água pluvial (pista de Cooper)	58 Esgoto e água pluvial (CCB)
59 Água pluvial (pista de Cooper)	60 Água pluvial (pista de Cooper)
61 Água pluvial (pista de Cooper e castelo)	62 Água pluvial (Castelo)
63 Água pluvial (pista de Cooper)	64 Água pluvial (pista de Cooper)
65 Água pluvial (NIATES)	66 Água pluvial (AV. Retores)
67 Água pluvial (AV. Retores)	68 Água pluvial (AV. Reitor)
69 Água pluvial (AV. Reitor)	70 Água pluviais (Centro de Convenções)
71 Água pluviais (Centro de Convenções)	72 Água pluviais (NTI)
73 Esgoto (CRCN)	74 Esgoto (Centro de Convenções)
75 Água pluviais (Centro de Convenções)	76 Esgoto e água pluviais (CCEN, NEFD)
77 Água pluviais (Centro de Convenções)	78 Esgoto (Centro de Convenções)
79 Água pluviais (est. – CECOM)	80 Água pluviais (Centro de Convenções)
81 Esgoto (Centro Convenções)	82 Água pluvial (Concha Acústica)
83 Água pluvial (AV. CTG)	84 Água pluvial (ARRUADO)
85 Água pluvial (AV. CTG)	86 Água pluvial (AV. CTG)
87 Água pluvial (CTG)	88 Água pluvial (CAC)
89 Água pluvial (CAC)	90 Esgoto (AV HÉLIO RAMOS)
91 Esgoto (AV HÉLIO RAMOS)	

Fonte: Diretoria de Gestão Ambiental da UFPE, 2015.

Figura 2.4 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE. Localização dos pontos 01 a 34. Fonte: Elaborada pelo autor com base nos resultados da DGA – UFPE, 2015.

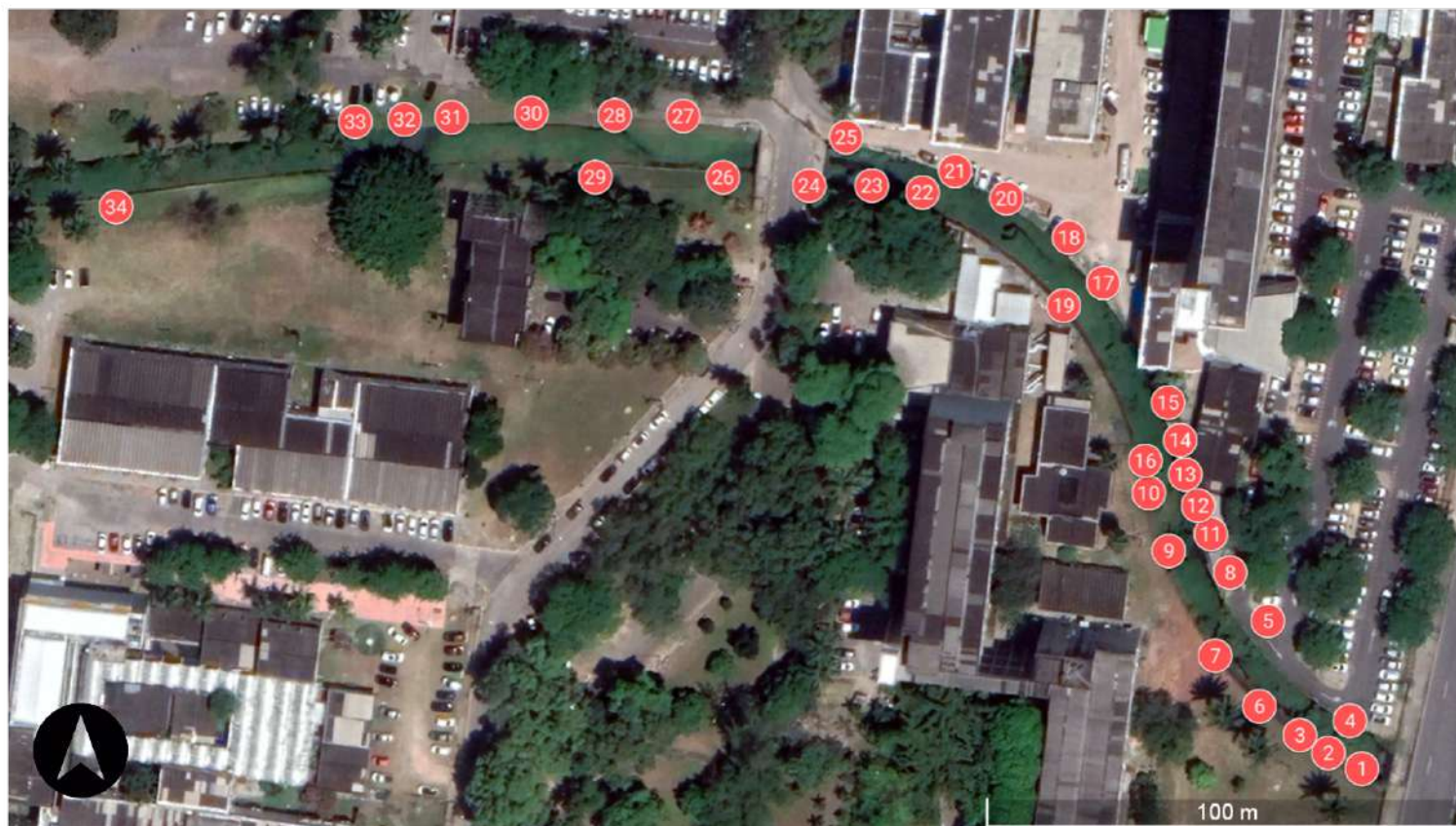


Figura 2.5 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE. Localização dos pontos 35 a 59. Fonte: Elaborada pelo autor com base nos resultados da DGA – UFPE, 2015.

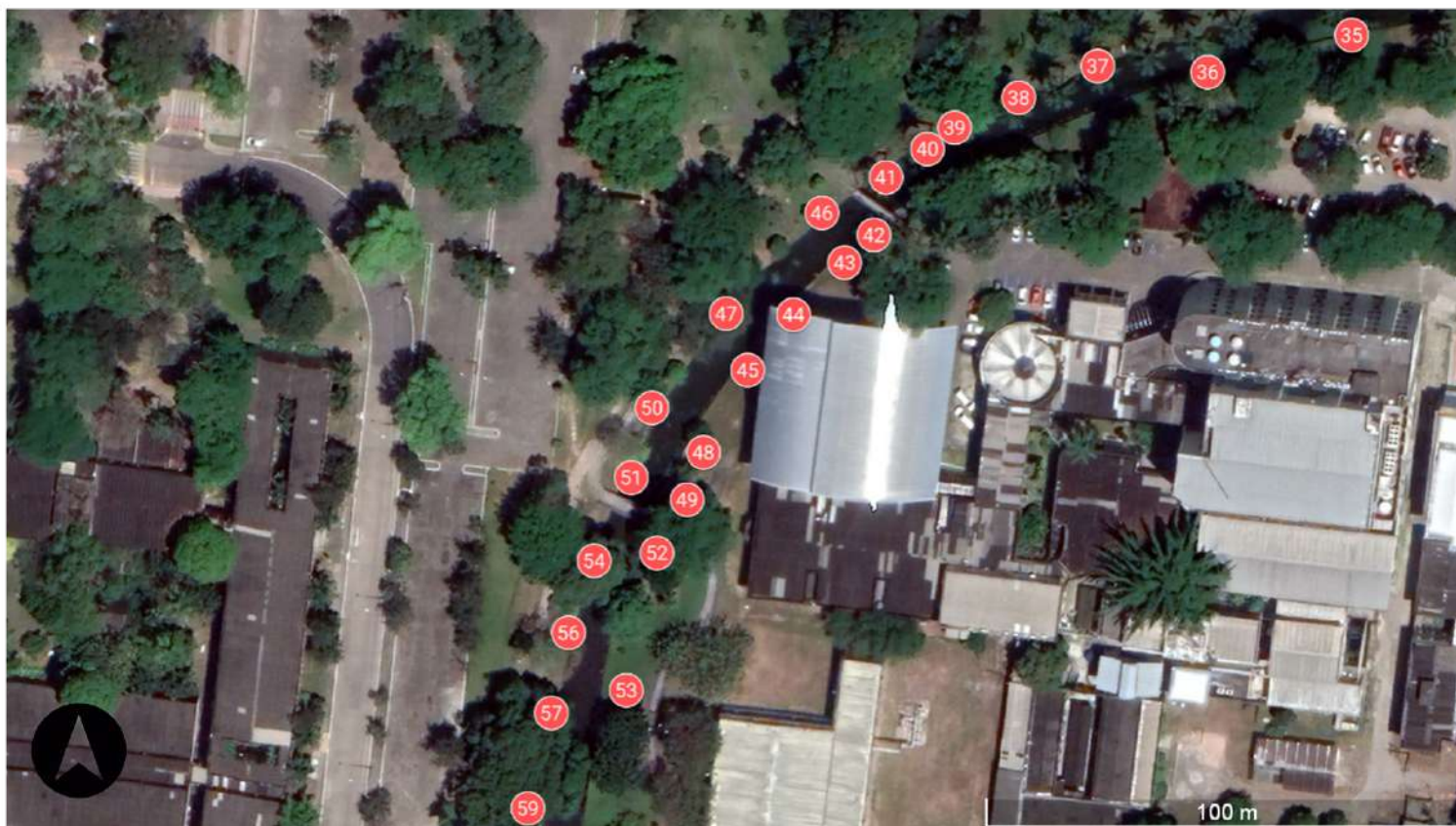


Figura 2.6 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE. Localização dos pontos 60 a 66. Fonte: Elaborada pelo autor com base nos resultados da DGA – UFPE, 2015.

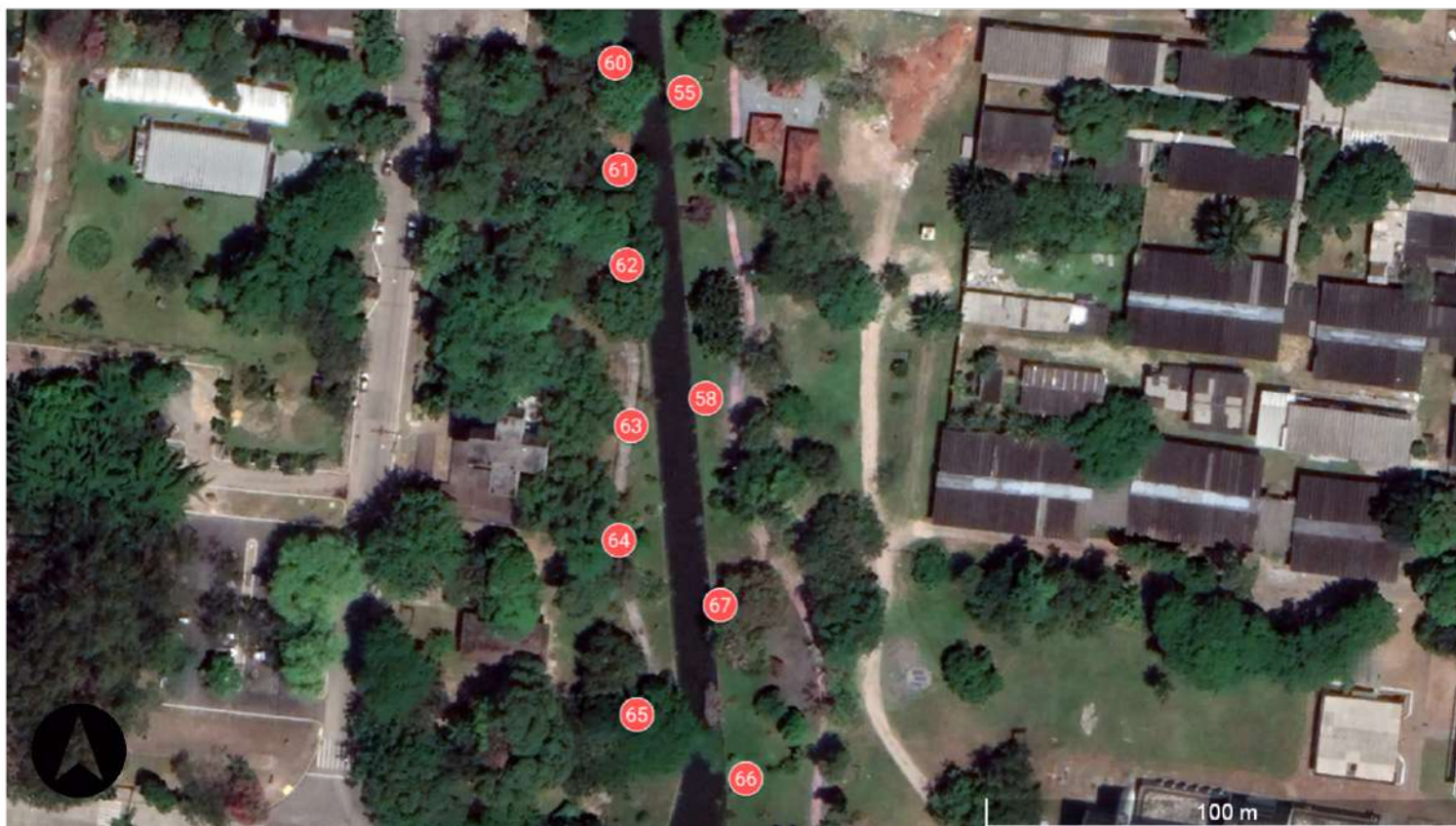


Figura 2.7 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE. Localização dos pontos 68 a 83. Fonte: Elaborada pelo autor com base nos resultados da DGA – UFPE, 2015.

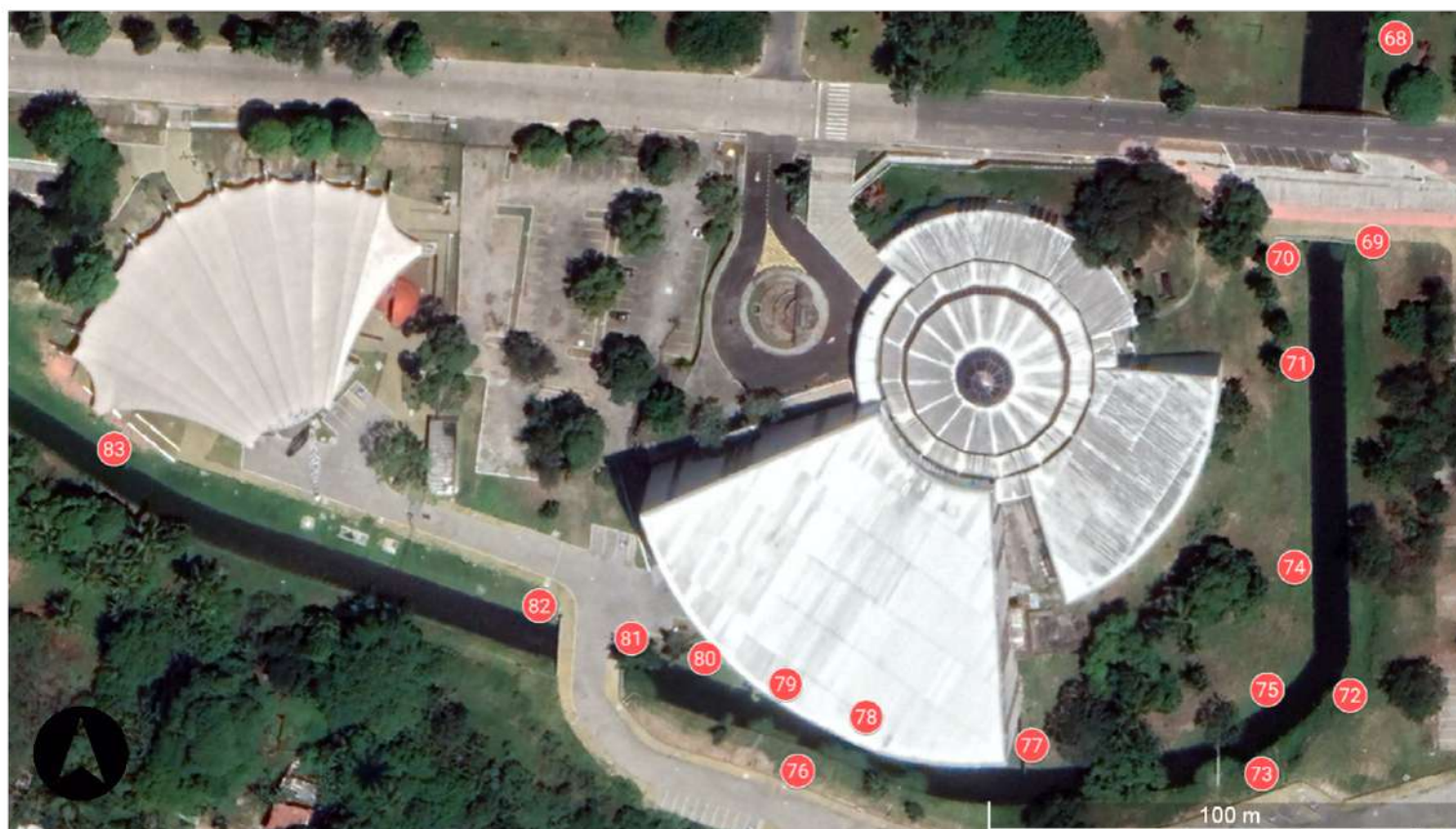


Figura 2.8 - Despejo de efluente no Riacho do Cavouco, no trecho na UFPE. Localização dos pontos 84 a 90. Fonte: Elaborada pelo autor com base nos resultados da DGA – UFPE, 2015.



O Riacho do Cavouco é um exemplo de resistência em meio ao processo de urbanização, enfrentando diversas agressões ambientais ao longo de seu percurso. No entanto, essa região abriga uma rica biodiversidade, com uma variedade de organismos vegetais e animais. Além de desempenhar um papel importante na drenagem da região, o riacho também possui um significado significativo nas relações humanas, especialmente para aqueles que vivem próximos a ele. Portanto, é crucial reconhecer que ele possui um imenso valor ecológico e sociocultural, que vai além de sua função como um sistema de drenagem urbana.

CAPÍTULO 3 - A ÁREA OBJETO DE ESTUDO

3.1 O Riacho do Cavouco no trecho que percorre a UFPE

A UFPE é uma das mais importantes instituições públicas de ensino do país e, por possuir em seus limites territoriais um riacho urbano, tem a oportunidade de transformá-lo em uma fonte ecopedagógica. Nesse contexto, diversos ramos do conhecimento científico e social podem ser aplicados a ele. Portanto, este trabalho tem como objetivo utilizar as técnicas e conceitos do Desenho Urbano Sensível às Águas no trecho do Cavouco, que se estende desde sua nascente até as proximidades do Hospital das Clínicas. O objetivo é demonstrar, por meio de módulos experimentais de desenhos, a articulação das estruturas urbanas fitorremediadoras para a recuperação ambiental e conservação dos elementos naturais desse trecho do riacho. Dessa forma, busca-se promover o tratamento da qualidade hídrica do riacho e, por consequência, um maior vínculo das relações afetivas entre o ser humano e as águas.

Para melhor contextualização da relação espacial do Riacho do Cavouco com a UFPE, é necessário primeiro relatar como ocorreram as escolhas e transformações urbanísticas da Universidade ao longo do tempo.

Inicialmente, a UFPE foi instituída no ano de 1946 com o nome de Universidade do Recife e reunia instituições de ensino, como a Faculdade de Direito, a Escola de Engenharia, a Faculdade de Medicina, a Escola de Belas Artes, entre outras. No entanto, somente em 1967 passou a denominar-se como Universidade Federal de Pernambuco.

No começo da década de 1950, viu-se a necessidade de agrupar tais instituições em uma única gleba. Escolheu-se então um terreno na zona oeste do

Recife, localizado na várzea do Capibaribe e circundado pelos bairros da Várzea, Engenho do Meio, Iputinga e Caxangá. Seu então novo Plano Urbanístico seguiu o arranjo espacial do projeto do arquiteto italiano Mário Russo. Russo optou pelos moldes racionalistas, negando a noção de rua tradicional, e procurou inserir os conceitos do urbanismo modernista, categorizando o uso do solo de acordo com suas fontes.

À medida que houve o aumento da demanda educacional, diversas outras propostas e intervenções urbanísticas foram surgindo para o campus. Entre elas, destaca-se o Plano Diretor de 1985, que procurava resgatar o desenho urbano dos planos anteriores. No entanto, desta vez, a área da Universidade foi setorizada em 19 zonas de interesse.

Algumas dessas zonas tinham atribuições específicas. Por exemplo, a zona 11 era destinada à expansão dos equipamentos esportivos, a zona 17 abrigaria o Horto Comunitário e a zona 19 tinha a função de proteger o Riacho do Cavouco, transformando suas margens em uma Via Parque. Nessa área, seriam inseridos equipamentos urbanos e também a realização de projetos paisagísticos, visando à preservação ambiental e à integração com o restante do campus.

No entanto, devido a uma série de motivos, incluindo questões orçamentárias e prioridades administrativas, muitas dessas propostas não foram completamente executadas.

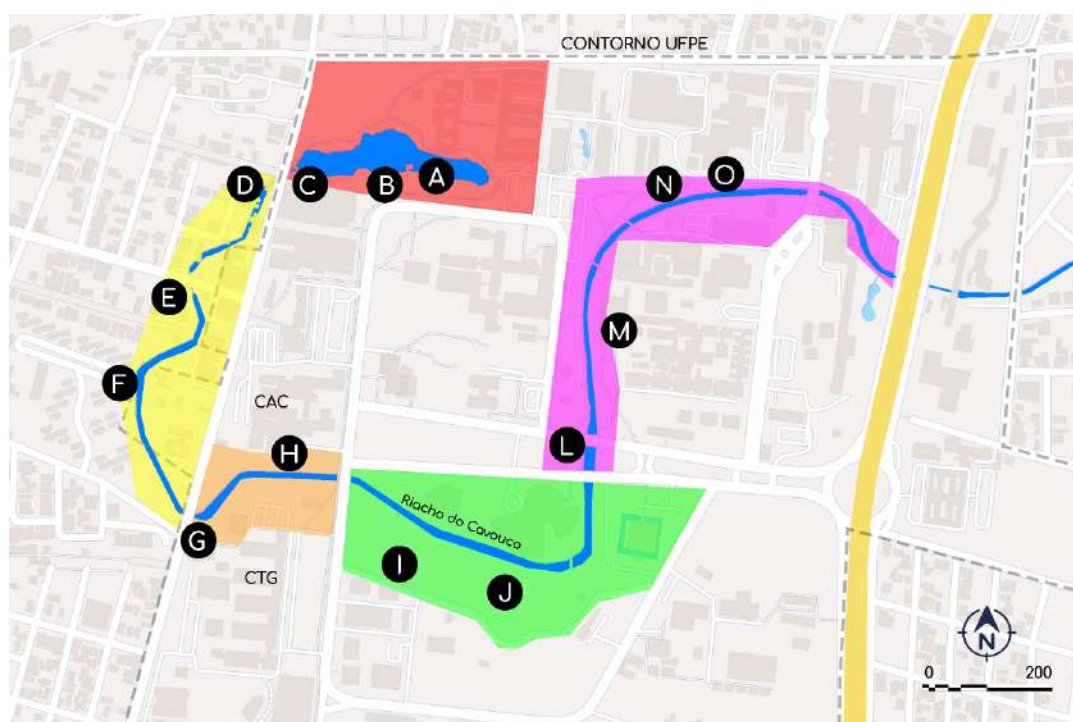
Atualmente, a relação entre a população da UFPE e das áreas próximas com o Riacho do Cavouco varia dependendo da região analisada. Em algumas localidades, é possível observar um trabalho de paisagismo nas margens, com o plantio de árvores e arbustos que criam um ambiente planejado, transmitindo uma sensação de beleza e bem-estar. Além disso, estão presentes mobiliários e equipamentos urbanos, como bancos de praça, academias ao ar livre e pistas de cooper, que atraem as pessoas para encontros sociais e práticas de atividades físicas, fortalecendo a conexão entre as pessoas e a natureza.

No entanto, existem outras áreas onde o espaço não é apropriado devido às más condições da qualidade da água e à falta de tratamento paisagístico das margens do riacho. Isso faz com que o Cavouco não seja reconhecido em sua totalidade, como um curso d'água natural e integrante da rede hidrográfica da cidade.

Essa falta de associação aponta para uma carência da Universidade e dos demais órgãos da gestão pública em desenvolver estratégias que envolvam ações de conscientização social, ambiental e de intervenção urbana, com o objetivo de transformar o atual panorama cultural que vincula algumas localidades do riacho a um lugar desagradável e sem vida. Percepção essa que ganha fundamento quando se pode observar que a maior parte de sua extensão encontra-se revestida artificialmente e passiva de cargas hídricas ricas em matéria orgânica e de poluição difusa, o que resulta no processo de eutrofização que acaba por proporcionar odores desagradáveis e uma coloração turva de suas águas. Resultando em níveis baixíssimos de oxigênio dissolvido, além de impactar os demais ecossistemas aquáticos, e que por sua vez causa repulsa naqueles que têm proximidade com o riacho (CALADO; PRYSTHON; SILVA, 2007).

Percorrendo os trechos do riacho dentro da área de intervenção escolhida e observando seus pormenores muito além dos aspectos de drenagem, é possível encontrar diferentes formas de leitura do ambiente. A fim de melhorar o entendimento espacial da área objeto de estudo, dividiremos a mesma em cinco partes, destacando cada uma por cores no mapa da figura 3.1. Nessa figura, também será aplicado o conceito de visão serial, demonstrando, por meio de fotos, alguns dos seus elementos estruturadores que compõem a paisagem e as atuais condições ambientais do Cavouco. Posteriormente, cada uma das áreas destacadas terá suas características mais minuciosamente descritas ao decorrer dos textos a seguir.

Figura 3.1: Subdivisão do trecho de estudo do Riacho do Cavouco.



Legenda: Trecho Nascente/Cor Vermelho; Trecho Várzea/Cor Amarela; Trecho CAC-CTG/Cor Laranja; Trecho Arruado/Cor Verde; Trecho Biológicas/Cor Roxa. Ponto **A**/Figura 3.2 - Vista do "laguinho" esvaziado; Ponto **B**/Figura 3.3 - Comunidade se apropriando do espaço; Ponto **C**/Figura 3.4 - O trecho danificado do muro localizado próximo ao "laguinho" da UFPE; Ponto **D**/Figura 3.5 - Ocupação irregular sobre a calha do Riacho do Cavouco; Ponto **E**/Figura 3.6 - Ocupação irregular da calha do Riacho do Cavouco e saída da galeria subterrânea da rua Amaro Gomes Poroca; Ponto **F**/Figura 3.7 - Trecho do riacho próximo a CIS Sítio Toca do Bigode; Ponto **G**/Figura 3.8 - Riacho do Cavouco assim que retorna ao campus; Ponto **H**/Figura 3.9 - Arborização do trecho CAC/CTG, às voltas do Riacho do Cavouco; Ponto **I**/Figura 3.10 - Casas e moradores da comunidade do Arruado da UFPE; Ponto **J**/Figura 3.11 - Sítio Arqueológico Engenho do Meio. Situado no centro do campus da UFPE; Ponto **L**/Figura 3.12 - Variedade de espécies vegetais nas margens do Cavouco, nos primeiros metros do trecho Biológicas; Ponto **M**/Figura 3.13 - Riacho do Cavouco nas proximidades

da pista de cooper da UFPE; Ponto **N**/Figura 3.14 - Riacho do Cavouco após os laboratórios do LIKA; Ponto **O**/Figura 3.15 - Estacionamento improvisado nas margens do Cavouco. Fonte: Elaborado pelo autor.

O primeiro trecho, em vermelho, é conhecido como Nascente e abrange uma área onde está localizado o "laguinho". Acredita-se que essa região seja a nascente do Riacho do Cavouco, embora haja questionamentos sobre a sua localização real, levantando a possibilidade de estar próximo ao cemitério da Várzea. Neste trabalho, adotaremos a premissa amplamente citada em diversos estudos acadêmicos de que a nascente está nessa região.

Entre todos os trechos selecionados, esse é provavelmente o que possui maior contato da população com o riacho. O local é arborizado e possui móvel urbano. Apesar da água do riacho não ser perene (Ponto A), ainda conserva um caráter bucólico, sendo frequentado por alunos, funcionários e outros usuários da UFPE. É um espaço onde são realizadas aulas de campo, piqueniques, encontros românticos, lazer ou simplesmente descanso e contemplação (Ponto B). Próximo a ele, encontra-se o muro que delimita a área do campus, que às vezes é danificado (Ponto C) para criar uma passagem de ligação entre o ambiente externo e interno da Universidade.

À primeira vista, essas ações podem parecer destruição do patrimônio público. No entanto, também podem ser interpretadas como uma forma da população expressar o desejo de ocupar aquele espaço.

Figura 3.2 / Ponto A - Vista do “laguinho” esvaziado.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.3 / Ponto B - Comunidade se apropriando do espaço.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.4 / Ponto C - O trecho danificado do muro localizado próximo ao "laguinho" da UFPE.



Fonte: Acervo pessoal.

O segundo trecho, destacado em amarelo, é chamado de VÁRZEA. Ele ocorre logo após o Riacho do Cavouco deixar o campus da UFPE e adentrar a área da ZEIS Campo do Banco, no bairro da Várzea. Estende-se até encontrar novamente os limites territoriais da Universidade, próximo ao Centro de Tecnologia e Geociências (CTG).

A área é predominantemente composta por casas térreas unifamiliares, mas também há conjuntos habitacionais e edifícios administrativos pertencentes ao Governo do Estado e à UFPE. Nesse trecho, o riacho recebe uma grande quantidade de esgoto doméstico das residências locais, que é despejado nas canaletas pluviais. Observa-se também um estreitamento da calha do riacho devido à ocupação irregular de várias moradias. Em alguns pontos, as construções chegam a ser feitas acima da calha (Ponto D), ou o riacho é restrito a uma galeria superficial de aproximadamente 1 metro de largura, após atravessar a rua Amaro Gomes Poroca (Ponto E).

Não há nenhum tipo de tratamento paisagístico na área. A vegetação encontrada consiste principalmente de espécies exóticas, e a vegetação nativa, como capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). Além da ZEIS Campo do Banco, nesse trecho também está localizado uma Comunidade de Interesse Social (CIS) chamada Sítio Toca do Bigode. Infelizmente, devido às características mencionadas e ao relevo local, essa comunidade está sujeita a inundações e um maior risco de contaminação por meio da água (Ponto I). A dificuldade de acesso ao riacho torna essa área praticamente educativa do restante da

cidade, a ponto de muitos membros da comunidade acadêmica nem perceberem sua existência.

Figura 3.5 / Ponto D - Ocupação irregular sobre a calha do Riacho do Cavouco.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.6 / Ponto E- Ocupação irregular da calha do Riacho do Cavouco e saída da galeria subterrânea da rua Amaro Gomes Poroca.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.7 / Ponto F - Trecho do riacho próximo a CIS Sítio Toca do Bigode.



Fonte: Acervo pessoal.

O terceiro trecho, representado na cor laranja, está localizado entre o CAC/CTG e tem início quando o riacho entra novamente na Universidade (Ponto G), estendendo-se até encontrar a Av. da Arquitetura. Nessa área, o curso d'água flui entre o prédio do Centro de Artes e Comunicação (CAC) e o do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), ambos pertencentes à UFPE. Apesar de ainda possuir margens em estado natural, a qualidade das águas não aparenta ser melhor do que nas dos demais locais, podendo o trecho estar sujeito à contaminação por poluição difusa. A área ao redor do riacho é ocupada por estacionamentos e vias de intenso fluxo de veículos, o que contribui para a presença de metais pesados, óleos e microfragmentos de borracha de pneus e outros resíduos automotivos. Mesmo diante desse cenário preocupante, o trecho possui um grande potencial paisagístico e de recuperação ambiental. De acordo com o levantamento realizado *in loco* para a elaboração deste estudo, foram identificados cerca de 77 indivíduos vegetais de diferentes portes (Ponto H). Portanto, a área pode ser alvo de esforços de recuperação ambiental, visando à preservação da biodiversidade e à melhoria da qualidade das águas do riacho.

Figura 3.8 / Ponto G - Riacho do Cavouco assim que retorna ao *campus*.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.9 / Ponto H - Arborização do trecho CAC/CTG, às voltas do Riacho do Cavouco.



Fonte: Acervo pessoal.

O quarto trecho, marcado com a cor verde no mapa da figura 3.1, foi denominado ARRUADO. Ele inicia-se logo após o cruzamento da Av. da Arquitetura e estende-se por detrás do Complexo de Convenções da Universidade, composto pelo Centro de Convenções, Concha Acústica e Cinema da UFPE, finalizando ao encontrar a Av. Reitor Joaquim Amazonas.

Na área, encontra-se um sítio arqueológico. Nele ainda são localizados remanescentes arqueológicos históricos, como fragmentos de cerâmicas portuguesas e as ruínas da antiga usina de açúcar que lá existia, denominada Usina do Meio da Várzea (século XIX), assim como das suas posteriores instalações, como fábricas de álcool e açúcar (CLAÚDIA OLIVEIRA et al., 2017). Também ganha destaque na área a pequena vila de casas denominadas de "Arruado" (Ponto I), presente desde o início do século XX formada pelos antigos remanescentes dos funcionários que trabalhavam na elaboração dos produtos derivados do açúcar (RAMOS et al., 2019).

Figura 3.10 / Ponto I - Casas e moradores da comunidade do Arruado da UFPE.



Fonte: Exposição "Arruado: Memória & Resistência", de 2022. Foto de autor desconhecido datada de 1992.

O trecho é rico em história. Em suas proximidades, encontra-se ainda presente o antigo Caminho da Várzea, estreita estrada em barro que conectava os engenhos de cana-de-açúcar ali presentes e que tornavam a Várzea do Capibaribe a maior produtora açucareira das sesmarias de Pernambuco. Na área também está presente a estátua em tamanho natural do donatário João Fernandes Vieira, marcando o local onde existiu a casa grande do Meio da Várzea e que também foi palco da declaração de guerra feita em 13 de junho de 1645 pelos restauradores contra os holandeses que ocuparam Pernambuco de 1630 a 1654 (Ponto J). Infelizmente, esse trecho é um dos menos percebidos pela população que frequenta o campus, o que consequentemente contribui para o esquecimento dessa parte da história.

Figura 3.11/ Ponto J - Sítio Arqueológico Engenho do Meio. Situado no centro do *campus* da UFPE.



Legenda: 01 - Fragmento original do caminho de terra colonial, chamado CAMINHO DA VÁRZEA; 02 - Fragmentos das fundações da Usina Meio da Várzea; 03 - Fragmento das fundações da casa-grande; 04 - Casas remanescentes do Arruado Velho; 05 - Casa do Administrador da Usina Meio da Várzea; 06 - Riacho do Cavouco; 07 - Concha Acústica UFPE; 08 - Centro de Convenções da UFPE.

Fonte: Elaborado pelo autor sobre imagem de satélite obtida no Google Earth Pro, baseadas nos trabalhos de CLÁUDIA OLIVEIRA, et al. 2017.

O *quinto trecho* da área de intervenção está marcado com a cor roxa, e foi denominada de BIOLÓGICAS, inicia-se no mesmo ponto de término do quarto trecho e tem por final os limites do *campus* junto à Av. Prof. Moraes Rego, já nas proximidades do Hospital das Clínicas. Com suas margens canalizadas por estruturas em concreto e pedras graníticas, o trecho possui uma relação ambígua de proximidade com o público. Seus primeiros metros são rodeados por uma série de componentes urbanos, como pista de cooper, academias públicas, bancos de praça, etc, além de ser atendido por um arranjo paisagístico composto por árvores de pequeno, médio e grande porte, que dá ao lugar a qualidade de uma ótima área para descanso e lazer, como pode ser visto nos pontos **L** e **M**. Contudo, a partir das imediações do LIKA - Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami, o cenário adquire outro viés. A calha do riacho começa a apresentar maiores níveis de assoreamento, e o arranjo da paleta vegetal se empobrece em comparação ao primeiro trecho, praticamente tendo como a vegetação de maior destaque resumidas a alguns indivíduos de palmeiras de Macaúba-barriguda (*Acrocomia aculeata*), (Ponto **N**). A ausência de equipamentos e mobiliários urbanos também gera a sensação de descontinuidade com o restante da área. A ocupação inadequada das margens do riacho por estacionamento de automóveis é outro aspecto negativo da área (Ponto **O**). Esse fator não só causa danos ambientais, mas também contribui para que as pessoas sintam-se repulsas do local.

Figura 3.12 / Ponto L - Variedade de espécies vegetais nas margens do Cavouco, nos primeiros metros do trecho Biológicas.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.13 / Ponto M - Riacho do Cavouco nas proximidades da pista de cooper da UFPE.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.14 / Ponto N - Riacho do Cavouco após os laboratórios do LIKA.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3.15 / Ponto O - Estacionamento improvisado nas margens do Cavouco.



Fonte: Acervo pessoal.

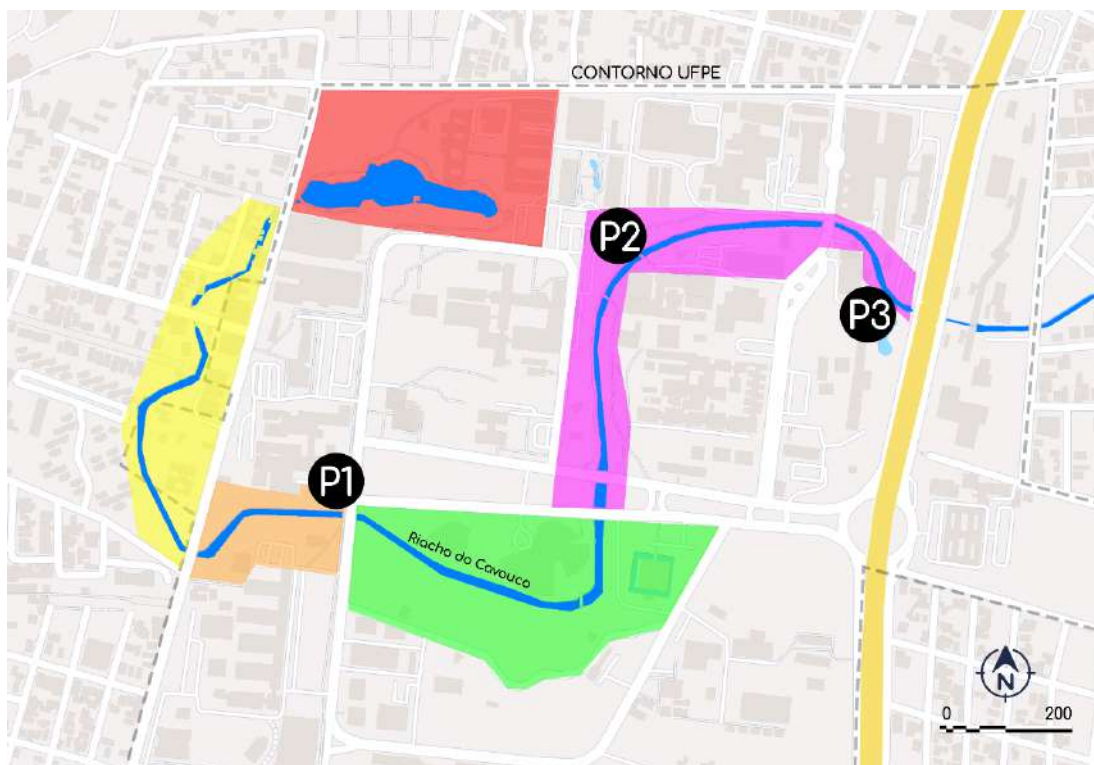
3.2 Caracterização físico-química e dos indicativos de metais das águas do Riacho do Cavouco:

A Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, faz parte da legislação brasileira que delibera sobre a classificação dos corpos d'água superficiais de acordo com suas condutas ambientais e estabelece limites máximos permitidos para cada substância a ser analisada (OLIVEIRA et al, 2017). De acordo com a mesma resolução, o Riacho do Cavouco é classificado como sendo um afluente de água doce de classe II, e assim deve estar destinado “à proteção das comunidades aquáticas” (CONAMA, 2005).

Para uma maior compreensão das atuais condições da qualidade da água do Cavouco, viu-se a necessidade de verificar suas características físico-químicas e do percentual de metais presentes nos trechos onde são propostas as intervenções, sendo assim, adotou-se aqui o trabalho desenvolvido pelo graduando em odontologia da UFPE, Rodrigo Reges e equipe, orientados pela docente da UFPE em bioquímica, Maria Betânia Melo de Oliveira e apresentado no 29º Congresso de Iniciação Científica da UFPE, no ano de 2022*. Foram coletadas amostras d'água do Riacho do Cavouco em três localidades, são eles: Ponto 01 - Ponte da Av. da Arquitetura, nas proximidades do Centro de Artes e Comunicação (CAC) e do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG); Ponto 02 - Fiocruz - UFPE, próximo a Fundação Oswaldo Cruz; Ponto 03 - HC, nas imediações do Hospital das Clínicas da UFPE, como localizados na figura 3.16. As escolhas dos pontos ocorreram devido aos seguintes fatores a seguir.

*No ano de 2018, foram conduzidas três coletas em diferentes locais do Cavouco com o objetivo de analisar as condições de sua qualidade hídrica. No entanto, considerando a natureza atualizada e o maior número de parâmetros analisados, optou-se por utilizar os resultados divulgados durante o 29º Congresso de Iniciação Científica da UFPE.

Figura 3.16 - Pontos de coletas de amostras da água do Cavouco.



Fonte: Elaborado pelo autor sobre imagem de satélite obtida no Google Earth Pro.

O Ponto 01 fornece informações sobre o riacho assim que ele adentra a UFPE, depois de já ter percorrido áreas onde estão instaladas residências do bairro da Várzea. O Ponto 02 se mostra importante, pois fornece dados que ajudam na compreensão da qualidade hídrica do riacho após o mesmo percorrer grande parte do percurso na UFPE. Já o Ponto 03 revela os dados finais da contribuição da UFPE na qualidade hídrica do riacho e também se mostra importante devido à sua proximidade com um grande equipamento público, neste caso, o Hospital das Clínicas, e ao possível impacto ambiental que exerce sobre o Cavouco.

Todas as amostras foram coletadas na mesma data, no ano de 2021, com uma diferença de poucos minutos entre elas. Em seguida, as amostras foram mantidas de acordo com os valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação número 05, do anexo XX do Ministério da Saúde do Brasil, datada de

28 de setembro de 2017, referentes aos valores permitidos para as águas destinadas ao consumo humano em todo o Território Nacional. Para isso foi seguida a metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Waste, 20ª edição American Public Health Association, do ano de 1998.

Para obtenção dos dados físico-químicos, foi utilizado o Multiparâmetro portátil HQ40d da fabricante Hach. Já os resultados indicativos dos metais foram obtidos com o auxílio de um Espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente do Laboratório de Biologia Molecular e Tecnologia Ambiental - LABIOTA da UFPE. Ambos os aparelhos podem ser vistos da esquerda para a direita na figura 3.17. Os resultados das análises estão descritos na tabela 3.1.



Figura 3.17 - Na esquerda, imagem ilustrativa do equipamento Multiparâmetro portátil HQ40d da fabricante Hach, utilizado para obtenção dos parâmetros Físico-Químicos, e na direita, Espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente, utilizado no indicativo dos minerais.

Tabela 3.1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e dos indicativos de metais das amostras P01, P02 e P03, da água do Riacho do Cavouco.

Parâmetros Analisados	Amostras			Valor Máximo Permitido
	P01	P02	P03	
	Parâmetros Físico-Químicos			
Temperatura (°C)	22,4	22,3	22,4	ND
pH	7,83	6,99	7,17	6-9
Condutividade (µS cm -1)	1501	742	810	≤ 100 µS cm -1
OD (mg O ² L -1)	8,69	5,5	3	≥ 5 mg L -1
ORP (mV)	191,9	171,3	70,5	≥ 400 mV
DQO (mg O ² L -1)	28	78	74	5,0 mg L -1
Parâmetros Analisados	Amostras			Valor Máximo Permitido (mg/L)
	P01	P02	P03	
	Indicativos de metais			
Alumínio	0,67	0,44	0,64	0,2
Cálcio	17	14	29	-
Cádmio	<0,0017	<0,0017	<0,0017	0,005
Cobalto	0,0043	0,0057	0,0067	-
Cromo	<0,0021	0,0023	0,0037	0,05
Cobre	0,014	<0,0054	<0,0054	2
Ferro	0,85	0,5	0,82	0,3
Potássio	11	7,8	12	-
Magnésio	8,6	6,8	11	-
Manganês	0,056	0,079	0,23	0,1
Molibdênio	<0,0090	0,009	<0,0090	-
Sódio	133	38	59	200
Níquel	<0,0087	<0,0087	<0,0087	0,07
Fósforo	0,35	0,9	1,1	-
Chumbo	<0,016	<0,016	<0,016	0,01
Enxofre	1,3	9,3	14	-
Zinco	<0,018	0,018	0,023	5

Fonte: Elaborada pelo autor, baseada nos resultados dos parâmetros físico-químicos e dos indicativos de metais para o Riacho do Cavouco, REGES et al, 2021.

Ao analisar os resultados das amostras, observa-se que alguns parâmetros, como condutividade, Demanda de Oxigênio (DO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Alumínio e Ferro, apresentaram valores anômalos, indicados em vermelho na tabela 3.1.

Nos parâmetros físico-químicos, a condutividade excedeu os limites permitidos nos três pontos analisados, conferindo propriedades corrosivas à água. Quanto ao Oxigênio Dissolvido (OD), apenas o ponto 03 apresentou taxas abaixo do exigido pelo Ministério da Saúde, o que compromete o desenvolvimento dos organismos aeróbicos presentes no ambiente.

Em relação à DQO, os três pontos também mostraram valores acima do permitido, indicando um alto teor de matéria orgânica depositada no riacho, o que revela a presença de poluentes orgânicos em sua água.

Quanto aos indicativos de metais, apenas as análises de Alumínio e Ferro mostraram-se acima dos valores aceitáveis. É importante ressaltar que o consumo elevado desses metais pode ser prejudicial à saúde humana.

No caso do Alumínio, a ingestão de altas quantidades desse metal pode causar sérios problemas neurodegenerativos, como danos ao sistema nervoso central, demência, dores musculares e possivelmente o Alzheimer, embora essa hipótese não tenha uma comprovação conclusiva (CLETO, 2008).

Por outro lado, o excesso de Ferro no organismo humano pode levar a doenças como cirrose, diabetes, insuficiência cardíaca e problemas relacionados ao equilíbrio hormonal.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que as amostras recolhidas do Cavouco tornam-no impróprio para consumo humano, de acordo com a legislação em vigor para os parâmetros físico-químicos analisados. O riacho apresenta uma carga significativa de combustível, indicando que o combustível apresenta tem o

potencial de afetar os ecossistemas aquáticos (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2013).

Apesar de reconhecer a carência do quantitativo de amostras, os dados tabelados servem de fundamento para a escolha das alternativas compensatórias que podem ser aplicadas ao riacho.

3.3 Diretrizes do Plano Diretor da UFPE para Riacho da Cavouco:

Buscando resolver os problemas e desafios, e ao mesmo tempo fortalecer as qualidades do Cavouco, a UFPE publicou em 2016 um caderno para leitura e avaliação da sua comunidade acadêmica e da sociedade em geral. Esse caderno apresentava diretrizes elaboradas pela equipe interna responsável pela criação do novo Plano Diretor, que tinha como objetivo conectar o riacho aos novos conceitos de cidade propostos pelo Plano Estratégico Recife 500 anos.

No caderno, foram abordados quatro tópicos principais, baseados nos diagnósticos feitos no campus e nas áreas ao redor: Uso e Ocupação do Solo, Conectividade e Segurança, Infraestrutura e Expansões. Dentro desses tópicos, há subtópicos diretamente relacionados ao tema abordado neste trabalho. Por exemplo, no Uso e Ocupação do Solo, destacam-se:

- As paisagens no *campus* da UFPE: que pode ser reconhecida através de várias unidades de paisagem, com significados e características distintas, precisam ser entendidas pela comunidade e virem a ser objeto de projetos específicos de paisagismos;

- Espaços de estar e convivência: a combinação de diferentes dimensões e localizações de espaços abertos no campus gera uma dinâmica espacial que proporciona experiências sensoriais ricas e variadas tanto para as pessoas em movimento quanto para as que permanecem ali;

- Parque linear do Cavouco: despoluição das águas do Riacho do Cavouco e do replantio de espécies vegetais de mata ciliar, como suporte à fauna silvestres;

- Parque histórico e cultural: a área verde localizada atrás do Centro de

Convenções tem potencial para se tornar um parque diferenciado, oferecendo equipamentos de apoio à preservação da história, cultura e educação ambiental;

- Parque de lazer da lagoa do Cavouco: esse parque se situa no limite do *campus* com o bairro da Várzea e tem potencial para ser um lugar de grande vitalidade urbana devido à proximidade com o Colégio de Aplicação e áreas residenciais vizinhas;

- Vegetação: um projeto de plantio deve ser feito com o propósito de introduzir diferentes espécies, nativas e exóticas, que transformem a UFPE em um jardim botânico de referência desenvolvido ao longo dos anos.

Em mobilidade, destacam-se:

- Transporte ativo: requalificação das calçadas em torno do entorno da UFPE; Incentivo do uso de bicicletas, com a adoção de ciclovias e construção de bicicletários nos centros acadêmicos;
- Acessibilidade, sistema de passeios e ciclovias: os passeios de ciclovias devem ser arborizados resultando em agradável conforto climático e estético.

Em infraestrutura, destacam-se:

- Sistema de saneamento: estabelecer convênio com a Compesa Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, fixando cronograma para implantação do sistema de esgotamento sanitário e ligação do sistema coletor da UFPE, que integrará o *campus* à estação de tratamento do Cordeiro;
- Drenagem urbana: contratar projeto visando solucionar os problemas do sistema de microdrenagem do *campus*, corrigindo os pontos e áreas que sofrem alagamentos, usando como deságue a calha do canal do Cavouco; articular com a PCR a solução dos problemas de alagamento no sistema de microdrenagem das vias que circulam o *campus*.

Isto posto, o trabalho de conclusão de curso aqui pautado deve, também, ser desenvolvido de acordo com os anseios retratados nas propostas do novo Plano Diretor da UFPE. Deve priorizar o pedestre, o transporte ativo e a preservação ambiental dos recursos naturais presentes na área de estudo, especialmente o Riacho do Cavouco, prezando sempre pelas relações harmônicas entre as pessoas e a natureza.

CAPÍTULO 4 - DIRETRIZES E PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL PARA O RIACHO DO CAVOUÇO NO TRECHO QUE CORTA A UFPE

4.1 Proposta implantação de módulos fitorremediadores e tratamento urbano paisagístico para os trechos selecionados dentro da área da UFPE.

Com base no que foi descrito nos capítulos anteriores, fica evidente que o Riacho do Cavouço possui uma série de desafios urbanísticos que devem ser cuidadosamente estudados, compreendidos e, se possível, superados. Porém, também apresenta grandes potencialidades que, nestes casos, devem ser evidenciadas. É com esse objetivo que se desenvolve o projeto que será aqui apresentado, tendo como meta principal a recuperação ambiental do riacho no trecho dentro e nas proximidades imediatas do campus Recife da UFPE.

De antemão, este estudo, por ser um trabalho de conclusão de graduação, já reconhece suas limitações a respeito das coletas e tratamento dos dados obtidos da área de intervenção, devido, por exemplo, ao acesso dificultoso a algumas localidades mencionadas e a falta de informações atualizadas por meio dos órgãos oficiais da gestão urbana.

Apesar disso, o estudo procurou considerar em suas propostas a solução para as principais questões negativas entre as pessoas e o Riacho do Cavouço, como a precariedade da qualidade das águas e margens. Assim, traz consigo propostas gerais de diretrizes urbanísticas, desenho projetual de modo a proporcionar a recuperação hídrica dos trechos selecionados do Cavouço, seguindo as orientações do conceito DUSA.

A seguir, são apresentados os principais objetivos do projeto:

- Resgatar a percepção do Riacho do Cavouco por meio da implantação de desenhos urbanos multifuncionais, que proporcionem o desejo de permanência, da apropriação e da contemplação do espaço, além de incentivar a conscientização e educação ambiental das comunidades locais.
- Recuperação da qualidade hídrica de parte da vazão do Riacho do Cavouco por meio das técnicas da fitorremediação;
- Utilização de vegetação brasileira, preferencialmente típica da floresta de Mata-Atlântica ou de espécies adaptadas ao clima da região, desde que estas não tragam prejuízos ambientais para os demais indivíduos da flora e fauna local;
- Utilização de paleta vegetal que promova a valorização e integração com o espaço arquitetônico e urbano à sua volta, assim como o enriquecimento da biodiversidade local;
- Mantimento dos indivíduos arbóreos já presentes na área de intervenção, desde que não haja riscos físicos ou fitossanitários para as pessoas e demais componentes da vegetação, ou que sua permanência inviabilize o desenho projetual das intervenções DUSA. Nesse caso, devem ser adotadas medidas mitigadoras que compensem a erradicação de tais indivíduos;
- Implantação de mobiliário urbano acessível a quaisquer condições físicas e locomotoras de seus usuários, e que o design não represente nenhuma condição de aporofobia;
- Promoção do incentivo e conexão da mobilidade urbana da área por meio da implantação de instrumentos da mobilidade ativa e da reorganização do transporte público coletivo que atende a localidade;
- Tornar-se incentivador da utilização de soluções renováveis, que se baseiam em técnicas naturais, para requalificação de ambientes degradados, permitindo a troca de conhecimentos de diversos profissionais como, arquitetos, biólogos, paisagistas, ecologistas, engenheiros e outros que demonstre interesse com o tema.

Como relatado no capítulo três deste trabalho, o trecho do Cavouco compreendido da sua nascente até o HC foi estrategicamente segmentado em cinco subtrechos como forma de facilitar a compreensão das suas características. Devido às complexidades projetuais requeridas, optou-se por atuar com as propostas de intervenções diretas de infraestruturas do conceito DUSA em somente quatro dos cinco subtrechos, ficando o subtrecho restante contemplado por somente diretrizes de medidas estruturais para revitalização. As justificativas para isso se expressam da seguinte maneira:

No trecho 01 - NASCENTE, para o desenvolvimento deste trabalho, não serão contempladas propostas projetuais de melhoria da qualidade da água, uma vez que ele não recebe de forma direta efluentes sanitários das residências do bairro da Várzea, o que resulta em uma melhor qualidade hídrica em comparação a outros trechos do afluente, como demonstrado na pesquisa denominada “Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade” realizada em novembro de 2013 pelas pesquisadoras Marlyete Araújo e Maria Oliveira, ambas da UFPE. Além disso, há também o fato de que o laguinho não é perene em todas as fases do ano. Com isso, as propostas de intervenção para esta área se limitam somente à indicação de diretrizes de requalificação para a área.

O trecho 02 - VÁRZEA será beneficiado pelas propostas DUSA, visto que é a partir dele que o Cavouco recebe grande quantidade de efluentes decorrentes das residências que não são contempladas pela rede de saneamento básico. Existe também uma carência de ordenamento urbanístico, evidenciada pela ocupação de diversas residências sobre a pequena calha do riacho e pela canalização em vários pontos deste trecho.

Assim como no anterior, no trecho 03 – CAC/CTG, também existirá uma proposta de intervenção do DUSA. É a partir dele que o Riacho do Cavouco novamente adentra na UFPE, preservando suas margens em solo natural. O trecho possui área de aproximadamente 18.500m², dimensionadas a partir das informações geográficas disponibilizadas pelo Portal de Informações Geográficas - ESIG, da prefeitura da cidade do Recife, e grande potencial urbanístico, devido às suas características de vegetação e de localização, quase alinha-se com o eixo

central leste-oeste da Universidade e podendo servir de como entrada principal de pedestres, conectando a UFPE e o histórico bairro da Várzea, por meio de um parque urbano que contornaria esse trecho em estado natural do riacho.

No item 04 - ARRUADO, a área de intervenção estará limitada aos limites canalizados do riacho devido à presença de vestígios arqueológicos de grande valor histórico e patrimonial em seus arredores. Esses vestígios requerem estudos mais aprofundados e específicos sobre o assunto, portanto, as intervenções nesta localidade estão fora do escopo do presente trabalho.

O quinto e último trecho, denominado de 05 - BIOLÓGICAS, passará por amplas intervenções em toda a sua extensão, uma vez que parte dele já está contemplada por um arranjo urbanístico e paisagístico, representado, por exemplo, pelos equipamentos urbanos, como a pista de *cooper* e a academia pública de ginástica. Assim como no trecho anterior, as ações DUSA serão realizadas apenas nos limites da calha do riacho. No entanto, a partir do Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami - LIKA da UFPE até as proximidades do Hospital das Clínicas, haverá intervenções que se expandem para além dos limites da calha do riacho.

Assim, as seguintes intervenções para as áreas destacadas são propostas e descritas no Quadro 4.1. Os desenhos correspondentes podem ser encontrados na Prancha 01, incluída no material anexo deste trabalho.

Quadro 4.1 - Propostas para revitalização para os subtrechos do Riacho do Cavouco. Fonte: Elaborado pelo autor.

TRECHO	DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS DE REVITALIZAÇÃO
01 - NASCENTE	Revitalização paisagística e urbanística do lago: Propõe-se realizar o plantio de vegetação nativa ao longo das bordas do Cavouco, bem como a restauração e incorporação de móveis urbanos adequados aos usos da área. Isso contribuirá para a valorização do ambiente, promovendo a integração da natureza com a infraestrutura urbana.
	Criação de novos acesso: Atualmente, a população das comunidades próximas à UFPE tem se apropriado da área da nascente do Cavouco, evidenciado pelas aberturas improvisadas no muro que circunda o local e pelos caminhos traçados que levam ao descampado utilizado para jogos de futebol de várzea. Diante dessa realidade, é proposta a oficialização dessas passagens como parte integrante dos acessos à Universidade. No entanto, para garantir a segurança e o conforto dos usuários, é necessário implementar medidas como vigilância, iluminação adequada e calçamento adequado.
02 - VÁRZEA	Construção de margem canalizada: Infelizmente, devido ao cenário urbano atual, onde já existem muitas construções e vias importantes para a mobilidade do bairro, algumas medidas tradicionais de drenagem urbana são as mais adequadas. No trecho do riacho que vai do início da Várzea até as proximidades da CIS Sítio Toca do Bigode, será necessário utilizar estruturas chamadas de gabiões. Essas estruturas são feitas de malhas metálicas preenchidas com rochas e têm a função de conter as

	margens do riacho. Os gabiões ajudam a controlar a erosão, a sinuosidade do riacho e protegem contra inundações. Além disso, permitem a infiltração da água para o lençol freático. A contenção das margens nesse trecho do Cavouco ajudará a evitar que as construções avancem sobre a calha do riacho e facilitará a remoção adequada dos resíduos depositados no local, reduzindo o assoreamento. Também está prevista a desapropriação de algumas construções que apropriam-se indevidamente do leito do riacho.
03 - CAC/CTG	Pátios de contemplação e descanso: São espaços destinados para que as pessoas possam desfrutar de momentos de descanso ou interação social, proporcionando ambientes sombreados artificialmente ou por meio de uma boa arborização. Esses espaços são projetados para serem arejados, confortáveis e seguros, com o objetivo de incentivar a permanência das pessoas no local.
	Caminhos e passagens: O Riacho do Cavouco é um elemento natural com um grande potencial paisagístico para a Universidade. No entanto, devido à falta de meios para a transição entre suas margens, que estão limitadas pelas vias veiculares e por apenas três pontilhões ao longo da UFPE, às vezes se torna um obstáculo físico para as pessoas. Este trabalho propõe a implantação de mais pontilhões ou outras formas de passagem para facilitar a travessia entre as margens do riacho, proporcionando maior proximidade e visibilidade de suas águas. Pátios de contemplação e descanso.

	Melhoria da mobilidade urbana: Para este projeto, se propõe que haja a integração dos novos espaços projetados com a malha ciclovária existente, possibilitando um melhor fluxo do transporte ativo.
	Implantação das técnicas fitorremediadoras: Com o objetivo de filtrar os elementos contaminantes presentes na água do riacho e reduzir os níveis de poluentes, propõe-se a implantação de jardins filtrantes e de módulos de ecossistemas flutuantes ao longo dos trechos selecionados do Cavouco. Os jardins filtrantes podem ser instalados nos locais onde há espaço disponível, enquanto os módulos flutuantes serão colocados nas margens canalizadas do riacho. Ao combinar essas técnicas, será possível potencializar o processo de recuperação ambiental do riacho.
	Piso impermeável: Com o objetivo de melhorar a capacidade de absorção do solo, propõe-se o uso de revestimentos permeáveis nos passeios. Opções como cobogramas, tijolos intertravados, britas, concreto autodrenante ou até mesmo a utilização do solo natural permitem que o excesso de água pluvial seja rapidamente infiltrado para o lençol freático. Isso evita o acúmulo de água, reduzindo os riscos de patógenos associados à água e garantindo a mobilidade segura das pessoas.
	Relocação da subestação K69: Ao perceber a presença de um sistema de alta voltagem no trecho número 03, CAC/CTG, sugere-se aqui a sua realocação para uma área mais ao sul da Universidade, nas proximidades do parque solar da UFPE.

04 - ARRUADO	Corredores ecológicos para a travessia segura de animais: O Riacho do Cavouco possui uma grande quantidade de vegetação arbórea em sua proximidade, o que o torna um nicho e refúgio para diversos animais. No entanto, por estar localizado em uma área urbana atravessada por vias de alto fluxo, como a Avenida Reitor Joaquim Amazonas e a Avenida da Arquitetura, essa vegetação é interrompida, aumentando o risco de acidentes de trânsito envolvendo animais silvestres. Para amenizar essa situação e garantir a continuidade do fluxo genético desses animais, propõe-se a implantação de pontes suspensas ao longo do riacho, conectando as copas das árvores para o uso dos animais arborícolas.
	Diques de retenção do volume d'água: Aproveitando a topografia do Cavouco no trecho que atravessa a UFPE, propõe-se a construção de diques ao longo do seu percurso. Esses diques têm como objetivo reter parte do volume de água do riacho, proporcionando condições adequadas para a implantação de módulos flutuantes de vegetação e, quando possível, permitindo a transposição das pessoas entre suas margens. No entanto, é importante garantir que esses diques não impeçam o livre trânsito dos organismos aquáticos.
05 - BIOLÓGICAS	Piso impermeável.
	Implantação das técnicas fitorremediadoras.
	Recuperação da infraestrutura da pista de <i>cooper</i> assim como dos demais equipamentos urbanos local.
	Pátios de contemplação e descanso.
	Diques de retenção do volume d'água.

- **As técnicas fitorremediadoras nos trechos de intervenção:**

Antes de aprofundarmos neste tópico, é necessário fazer algumas observações. A composição dimensional das intervenções urbanísticas com as características aqui propostas pode sofrer variações, dependendo de questões projetuais como disponibilidade de área, nível de degradação do ambiente e orçamento disponível. Neste trabalho de conclusão, o objetivo é ilustrar a implantação de técnicas fitorremediadoras, com foco nos jardins filtrantes e módulos de ecossistema flutuantes, em alguns trechos selecionados do Cavouco, onde a escolha dessas técnicas se deu pelo potencial remediador e paisagístico que proporciona ao ambiente.

No entanto, é importante destacar que estudos mais aprofundados devem ser realizados caso esses procedimentos sejam adotados para o tratamento da água do riacho. Apesar disso, este capítulo apresentará uma proposta base dos principais elementos e etapas que farão parte dessas abordagens, caso se concretizem.

JARDINS FILTRANTES:

As etapas apresentadas neste trabalho baseiam-se no projeto de implantação de jardins filtrantes no Riacho do Cavouco, localizado nos limites do Parque Caiara, na zona oeste da cidade. Esse projeto faz parte do conjunto de urbanização do Parque Caiara, que integra o ambicioso projeto do Parque Capibaribe. O objetivo é criar um sistema de parques integrados ao longo das margens do Rio Capibaribe.

Os jardins filtrantes do Parque Caiara são soluções inovadoras e sustentáveis para melhorar a qualidade da água do riacho, sendo capazes de filtrar cerca de 350 mil litros por dia. Essa iniciativa foi executada pela Agência Recife para Inovação e Estratégia (ARIES), em parceria com o Núcleo de Gestão do Porto Digital e a Prefeitura do Recife. Essa colaboração entre diferentes entidades ressalta a importância de trabalhar em conjunto para implementar projetos que beneficiem a comunidade e promovam a preservação do meio ambiente.

Durante a construção dos jardins filtrantes no Riacho do Cavouco, as

empresas Phytorestore Brasil e BRF Ambiental, que estavam envolvidas nos projetos, elaboraram informações técnicas relevantes. Essas informações foram disponibilizadas no Memorial Técnico de Projeto e no Relatório Técnico da Análise Físico-Química de Sedimentos, Água e Medição de Vazão Pontual do Riacho Cavouco, e foram utilizadas neste estudo. Os detalhes mencionados nesses documentos foram de fundamental importância para a compreensão do projeto.

Infelizmente, devido ao extenso quantitativo de páginas, não foi possível incluí-los no apêndice deste trabalho. No entanto, os relatórios poderão ser fornecidos mediante solicitação.

Considerando que o Riacho do Cavouco é o objeto principal tanto no Parque Caiara quanto na UFPE, e levando em conta as semelhanças urbanísticas entre as duas localidades de intervenção, este estudo adotará as mesmas tipologias de filtros utilizados no Caiara, bem como as informações sobre o riacho, a fim de compor as propostas para a área da UFPE.

As plantas adotadas em um sistema de alagados construídos, de acordo com Jan Vymazal (1998, apud MENDES, 2018, p.101), geralmente se classificam em: (1) flutuantes, (2) submersas e (3) emergentes. As plantas flutuantes podem ter raízes com folhas na superfície ou viver de forma livre. Assim como o tipo 2 pode ser fixo ou livre, porém seu desenvolvimento é totalmente subaquático. Já as do terceiro tipo são classificadas como emergentes, têm suas raízes instaladas no sedimento e suas folhas orgânicas acima da lâmina d'água.

Entretanto, na execução do projeto do jardim filtrante do Parque Caiara, foram utilizadas apenas plantas macrófitas emergentes e flutuantes enraizadas. Ainda segundo os autores, as tipologias dos filtros se classificam em: (1) fluxo superficial e (2) fluxo subsuperficial, sendo que esta última pode compor um sistema (horizontal, vertical ou híbrido).

Para a implantação dos Jardins Filtrantes da UFPE, propõe-se a adoção das seguintes tipologias: Tanque de recebimento, Filtros de fluxo subsuperficial vertical, Filtros de fluxo subsuperficial horizontal e Lagoas Plantadas (filtros de fluxo superficial). Suas características são detalhadas a seguir:

TANQUE DE RECEBIMENTO:

A primeira fase do sistema de jardins filtrantes é o pré-tratamento da água. Consiste em unidades construídas em concreto armado, que podem estar semi ou totalmente enterradas. Essas unidades são responsáveis por armazenar e oxigenar a água proveniente do afluente, separando os sólidos em suspensão e acumulando volume suficiente para iniciar o ciclo de filtragem do jardim. A água chega ao tanque e é enviada aos filtros verticais por meio de um sistema de bombeamento automatizado, acionado por sensores instalados no interior do tanque.

SISTEMA FITORREMEIADOR SUB-SUPERFICIAL DE FLUXO VERTICAL (FILTROS VERTICAIS):

Na segunda fase de filtragem, a água inicia seu percurso de cima para baixo, percorrendo por gravidade as camadas dos substratos ali presentes. Essas camadas consistem em rochas com granulometrias variadas e são intercaladas com plantas do tipo macrófitas emergentes. As macrófitas emergentes são distribuídas em um arranjo de aproximadamente 5 mudas por metro quadrado. Essa fase de filtragem é eficaz na remoção dos Sólidos Suspensos Totais e na retenção de óleos e graxas. Isso, por sua vez, reduz os valores do DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e da DQO (Demanda Química de Oxigênio) da água. Além disso, permite a nitrificação devido às bactérias presentes nas raízes das plantas. Devido ao fato do filtro não permanecer constantemente alagado e da água já ter sido previamente aerada, o ambiente não é propício ao desenvolvimento de bactérias anaeróbicas, responsáveis pelo mau odor resultante da decomposição da matéria orgânica (MENDES, 2018).

SISTEMA FITORREMEIADOR SUB-SUPERFICIAL DE FLUXO HORIZONTAL:

Assim como o próprio nome indica, a água percorre os substratos deste filtro por gravidade e no sentido horizontal. Esses substratos são compostos por camadas de rochas de maiores granulometrias nas extremidades de entrada e

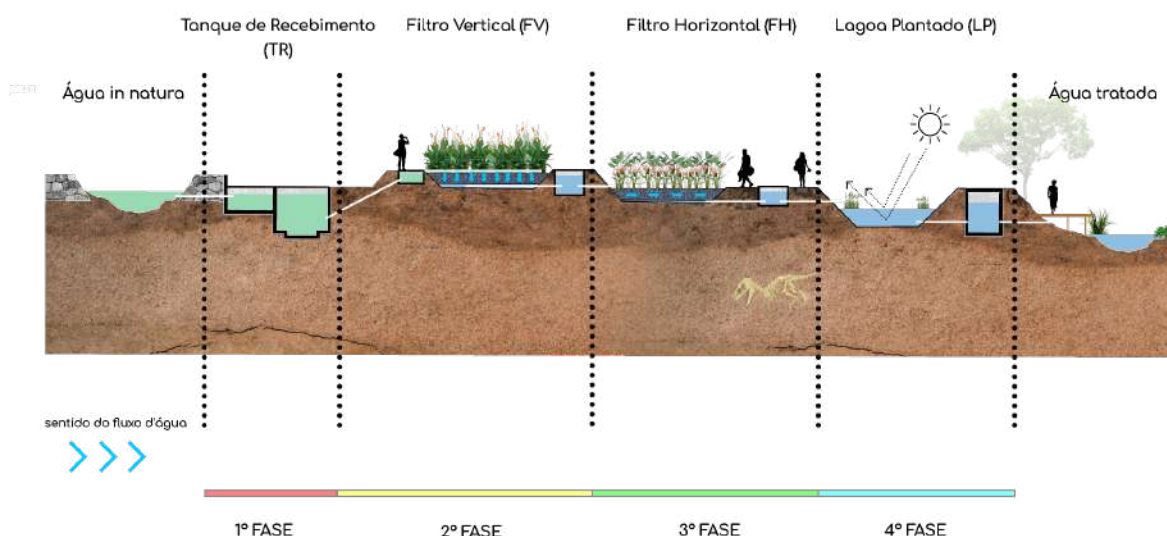
saída das tubulações, e, ao centro, por camadas de menor dimensão. Neste filtro, ocorre uma complementação das fases anteriores de filtração. Durante esta terceira fase, há uma redução significativa nas concentrações de substâncias como Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Sulfato (SO₄). Existem dois tipos de ambientes neste tipo de filtro: o aeróbico nas camadas superiores e o anaeróbico nas camadas inferiores (BLAUTH et al., 2018).

SISTEMA FITORREMEIADOR DE FLUXO SUPERFICIAL - (LAGOA PLANTADA):

Por fim, a lagoa plantada tem como objetivo principal remover quaisquer vestígios de matéria orgânica e sólidos suspensos que tenham restado nos processos anteriores de filtração. Além disso, ela é responsável por armazenar a água por um período de 2 a 3 dias, expondo-a aos raios ultravioleta do Sol, essenciais para o processo de desinfecção. Esses raios interferem e destroem a estrutura celular das bactérias ainda presentes na água, reduzindo o risco de patologias (MENDES, 2018). As plantas utilizadas nesta última fase são do tipo macrófitas emergentes e macrófitas flutuantes fixas enraizadas. Além de sua função estética, elas introduzem oxigênio na água, reequilibrando os padrões ecológicos e contribuindo para a manutenção da biodiversidade aquática.

Abaixo, na Figura 4.1, é apresentada uma representação esquemática das fases de funcionamento de um jardim filtrante. Para mais detalhes consulte a Prancha nº 02.

Figura 4.1: Representação esquemática de um Jardim Filtrante.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Manual da Phytorestore Brasil.

● Etapas para implantação do jardim filtrante da UFPE:

A primeira etapa do projeto dos Jardins Filtrantes da UFPE consiste na limpeza do terreno, com escavação do solo para a criação das valas dos alagados construídos onde os jardins serão instalados. Assim como no parque Caiara, na UFPE, parte do material orgânico removido do solo, devido à sua riqueza em nutrientes, deve ser armazenado para uso posterior nos jardins.

A segunda etapa envolve a impermeabilização das valas previamente escavadas, utilizando uma camada de manta geomembrana feita de polietileno de alta densidade (conforme ilustrado na Figura 4.2). Essa etapa é de extrema importância, pois as membranas proporcionam uma contenção eficiente para

diversos tipos de resíduos, tanto líquidos quanto sólidos, evitando assim o contato do solo com a água contaminada retirada do riacho.

Figura 4.2 - Impermeabilização das valas dos jardins filtrantes do parque Caiara.



Fonte: Acervo pessoal.

A terceira etapa do projeto abrange a instalação da malha hidráulica. Nessa etapa, são utilizadas tubulações hidráulicas que transportam a água do riacho para o tanque de recebimento. Além disso, essas tubulações são responsáveis pelo transporte da água, já em processo de tratamento, de um jardim para outro (conforme mostrado na Figura 4.3). O deslocamento da água pode ocorrer de duas maneiras: bombeamento ou gravidade. No caso do bombeamento, a água é flexível de um nível mais baixo para um mais alto por meio do auxílio de bombas hidráulicas. Já com a gravidade, a água dentro das tubulações se desloca do nível mais alto para o mais baixo, aproveitando a força natural da gravidade.

Figura 4.3 - Implantação da malha hidráulica dos jardins filtrantes do parque Caiara.



Fonte: Acervo pessoal.

A quarta etapa do projeto envolve a implantação do leito filtrante, composto por uma disposição de substratos de diferentes tamanhos (conforme mostrado na Figura 4.4), como brita, areia e terra, que fornecem suporte para o crescimento das plantas. Além disso, uma camada de turfa, um composto orgânico, é adicionada para auxiliar no desenvolvimento saudável das plantas. Nessa etapa, devido à porosidade do leito filtrante e ao contato das raízes das plantas, ocorre a filtragem da água à medida que ela escoar pelo sistema.

Figura 4.4 - Implantação das camadas de areia e brita dos jardins filtrantes do parque Caiara.



Fonte: Acervo pessoal.

A quinta e última etapa para o desenvolvimento de um jardim filtrante consiste na inserção das plantas selecionadas, conforme ilustrado nas figuras 4.5 e 4.5.1. Essas plantas devem ser resistentes ao ambiente degradado e adaptadas ao meio aquoso, sendo capazes de viver flutuando sobre a água ou submersas, mesmo que por curtos períodos. Além disso, é essencial que as plantas escolhidas tenham a capacidade de degradar as substâncias tóxicas presentes na água ou no solo, sem hiperacumular toxinas em seus tecidos, para garantir a segurança dos usuários e dos animais. Os extratos dessas plantas podem ser posteriormente utilizados na compostagem, manutenção dos jardins e em outros ambientes do campus.

Figura 4.5 - Plantio das mudas dos jardins filtrantes do parque Caiara.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 4.5.1 - Resultado final das plantas nos jardins filtrantes do parque Caiara.



Foto: Letícia Santana.

Figura 4.5.2 - Vista de um dos filtros horizontais do jardins filtrantes do parque Caiara.

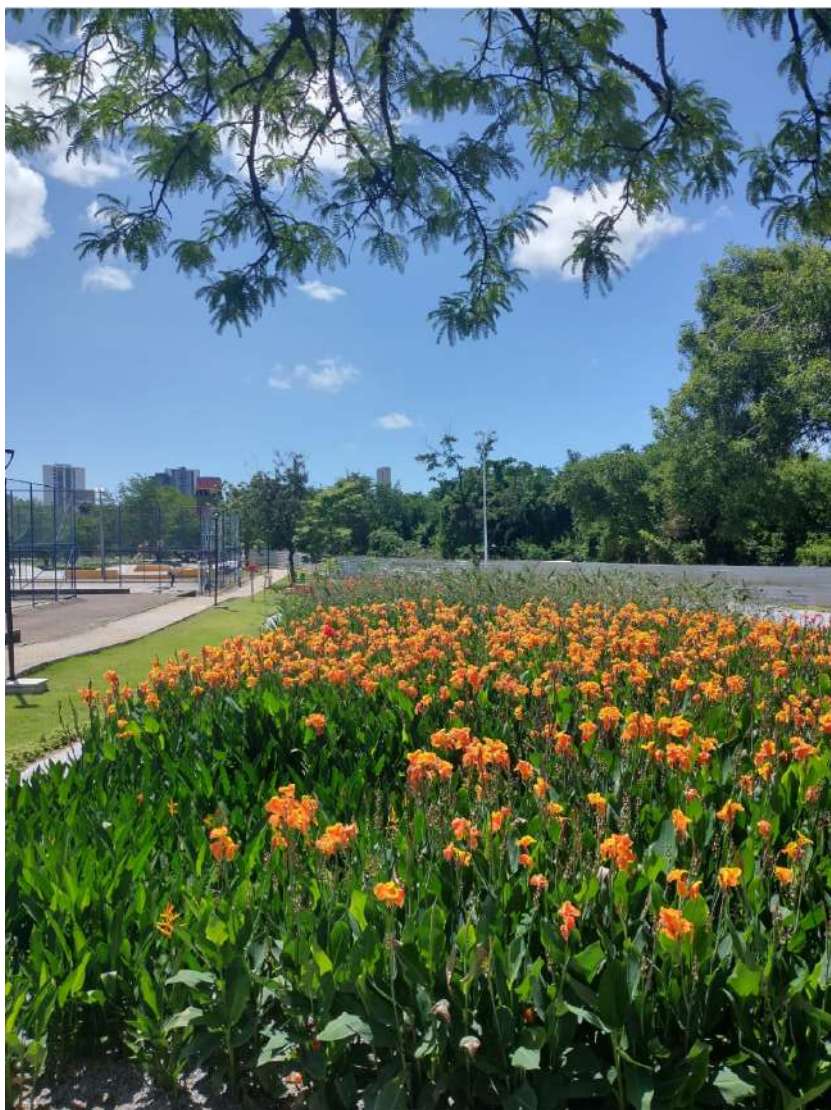


Foto: Letícia Santana.

A implantação do jardim filtrante na UFPE não entra em conflito com o projeto do parque Caiara, pelo contrário, ambos se complementam e colaboram no processo de limpeza das águas do Riacho do Cavouco, resultando em benefícios ambientais e sociais ainda mais significativos. Dessa forma, a sequência de etapas envolvidas no tratamento da água, desde o Riacho do Cavouco até a sua chegada ao Rio Capibaribe, é a seguinte:

Riacho do Cavouco → Jardins filtrantes da UFPE → Cavouco → Jardins Filtrantes do Caiara → Cavouco → Rio Capibaribe.

A implantação de um jardim filtrante para tratar a água do Cavouco apresenta diversas vantagens. Além de proporcionar um ambiente paisagístico agradável para os visitantes, os filtros utilizados impedem o desenvolvimento excessivo de bactérias anaeróbicas, o que evita a ocorrência de maus odores e a formação de lodo, uma vez que as próprias plantas consomem a matéria orgânica gerada. Além disso, a manutenção do jardim filtrante é simples, seguindo práticas comuns de jardinagem de fácil execução.

MÓDULOS DE ECOSISTEMAS FLUTUANTES:

Os módulos de ecossistemas flutuantes são estruturas instaladas dentro de corpos d'água e possuem plantas e outros organismos que auxiliam na purificação da água. Esses módulos possuem diversas aplicações, como o tratamento de esgoto, a recuperação de rios e lagos poluídos e a criação de áreas de lazer aquático. Eles se subdividem em "Ilhas flutuantes" e "Margens flutuantes". As "ilhas flutuantes" consistem em estruturas flutuantes modulares que podem ser instaladas em rios, riachos, lagos e outros ambientes de água doce. São resistentes às intempéries e se adaptam às variações do nível da água. As plantas apresentadas nesses módulos possuem um sistema de raízes adaptado ao ambiente subaquático e desempenham a função de decompor, absorver e metabolizar nutrientes e impurezas presentes na água enquanto ela passa pelos módulos. Já as "Margens flutuantes" têm função e estrutura semelhantes às ilhas flutuantes, porém ficam fixas nas margens dos ambientes aquáticos.

O sistema estrutural dos módulos flutuantes proporciona versatilidade e adaptabilidade ao projeto, atendendo às demandas específicas e criando habitats ecológicos que servem como refúgio protegido para uma variedade de animais, incluindo peixes, aves, répteis e anfíbios. Além disso, contribui para reduzir a poluição difusa e o despejo de esgoto não tratado, que frequentemente resultam em odores observados, comuns em riachos poluídos nas cidades. Além dos benefícios

ambientais, esses sistemas também embelezam o leito e as margens dos corpos d'água, criando ambientes esteticamente agradáveis para o paisagismo urbano.

Os módulos , são projetados com flutuantes de polietileno de alta densidade, anexados por juntas de aço inoxidável cortadas com precisão, mas também podem ser fabricados com materiais orgânicos, como tábuas de madeira e varas de bambu. Esses módulos apresentam diversas vantagens em relação a outros métodos de tratamento de água, incluindo baixo custo de manutenção, menor espaço necessário e possibilidade de criar áreas verdes em corpos d'água anteriormente poluídos. Além disso, eles podem ser integrados a outros sistemas de tratamento de água para aumentar ainda mais a eficiência do processo.

Mais detalhes sobre os módulos de ecossistemas flutuantes e como estes serão implantados no Cavouco podem ser vistos na prancha de número 05, encontrada nos anexos deste trabalho.

4.2 Paleta vegetal proposta:

A indicação das plantas para compor a paleta vegetal da proposta de intervenção deve obedecer a alguns requisitos. Como já dito no subtópico anterior, é necessário que as vegetações sejam nativas e preferencialmente da floresta de Mata Atlântica ou possuam disponibilidade nacional. No entanto, caso não sejam originariamente do Brasil, sua aplicação não deve trazer riscos à fauna e à flora local. A utilização de espécies nativas, além de proporcionar beleza, também contribui para o seu reconhecimento e conservação (SILVA et al., 2021).

Além dos já destacados, outros fatores são importantes na escolha das plantas e devem ser levados em consideração na hora da seleção das vegetações. São eles: os aspectos ornamentais, a capacidade de proporcionar sombreamento, a ausência de espinhos ou características urticantes, serem classificadas como zoocóricas (ou seja, possuírem animais como dispersores de suas sementes), possuir a capacidade de remediar o ambiente (desde que não hiperacumulem poluentes em sua biomassa) viabilizando a utilização nos processos de compostagem, e devem possuir resistência a pragas. Caso seja necessário, as plantas devem ser de fácil remoção para auxiliar no processo de manutenção das equipes de jardinagem.

Assim sendo, algumas das propostas aqui também fazem parte da seleção para compor a paleta vegetal do projeto paisagístico do Parque Capibaribe. Além disso, foram verificados e prospectados na literatura científica devido à sua ampla capacidade de remediar o ambiente. É o caso do Chapéu-de-couro (*Echinodorus grandiflorus*), que demonstrou eficácia na remoção de chumbo ao alocá-lo em suas raízes, conforme mencionado por Ribeiro et al. (2015). A Cebola-d'água (*Eleocharis acutangula*), por sua vez, é responsável pela redução de taxas de fósforo, refeição e DQO em ambientes contaminados pelo esgoto bruto, de acordo com Camargo Faxina et al. (2018). Outra planta relevante é a Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*),

que especificou na redução significativa das taxas de DBO e DQO da água, conforme mencionado por Rocha et al. (2018).

A eficiência das plantas nos processos de remediação pode variar de acordo com as condições ambientais. No entanto, intervenções anteriores que utilizaram técnicas semelhantes às propostas neste projeto demonstraram sucesso. Um exemplo é a intervenção realizada no Ecoparque Natura, localizado na região metropolitana de Belém do Pará. De acordo com os gráficos da figura 4.6, essa intervenção resultou em uma redução de aproximadamente 91% na demanda bioquímica de oxigênio e de 94% na demanda química de oxigênio. Históricos como esse comprovam ainda mais a viabilidade do projeto na área da UFPE.

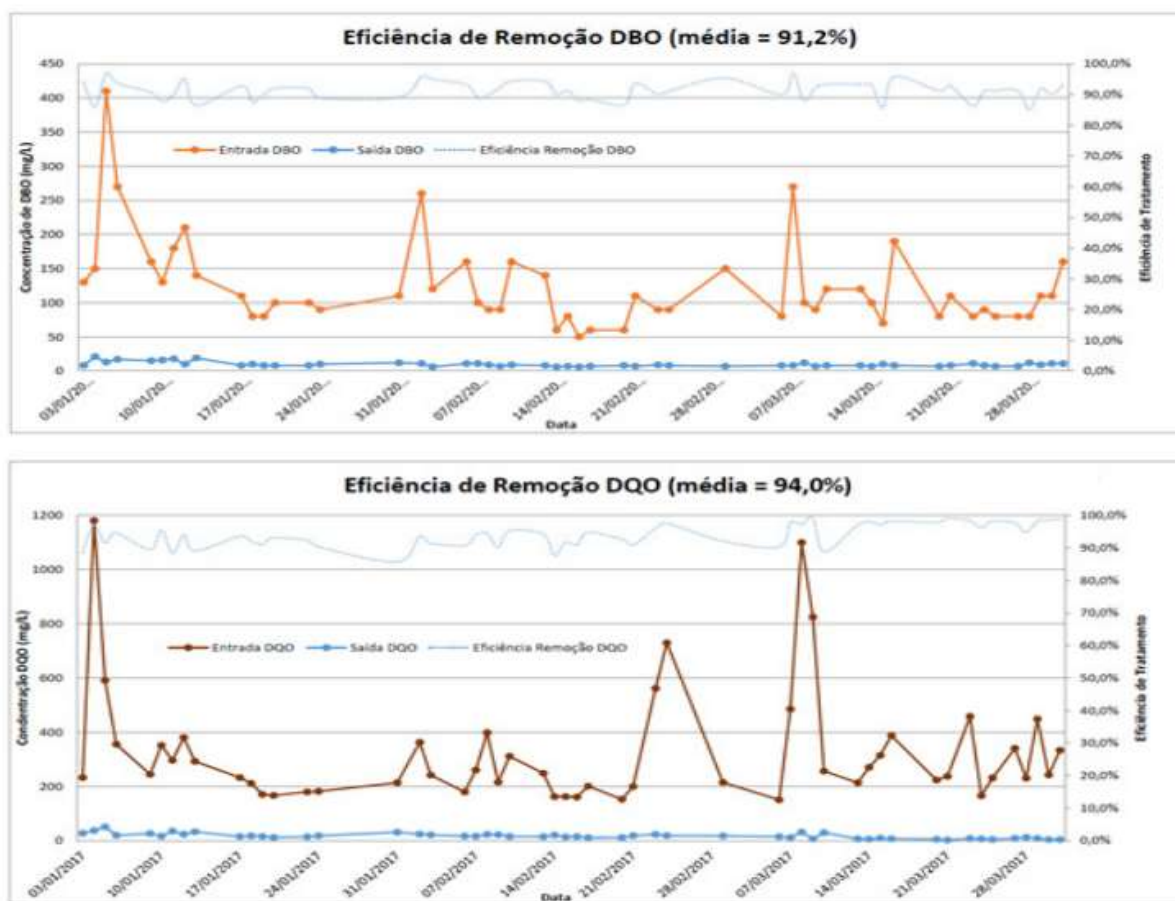


Figura 4.6 - Nos gráficos acima é possível verificar a alta remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO abaixo), sempre abaixo de 21 mg/L, com alta eficiência de remoção (91,2%); e demanda química de oxigênio (DQO abaixo), sempre abaixo de 50 mg/L, eficiência de remoção de 94%. Fonte: Oppla.eu.

Posto isso, fazem parte da paleta proposta para o projeto de intervenção no Riacho do Cavouco, os indivíduos descritos nos quadros 4.2 e 4.3.

Quadro 4.2 - Lista de plantas previamente selecionadas para compor o arranjo paisagístico da intervenção do Riacho do Cavouco na UFPE.

PLANTAS LISTADAS PARA COMPOR O PAISAGISMO		
NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	IMAGEM
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	
	Características - Até 30m de altura; Raízes profundas; folhas de coloração verde-escura; A flor com coloração roxo-violácea.	
<i>Muntingia calabura</i>	Calabura	
	Características - De 7 a 12 m de altura; Frutos comestíveis adocicados; Flores de coloração branca e folhas alongadas com bordas serradas.	
<i>Tibouchina granulosa</i>	Quaresmeira	
	Características - altura variando entre 8 a 12 m; Flores com coloração roxa; Folhas elípticas com coloração verde.	
<i>Hibiscus pernambucensis</i>	Hibisco-do-mangue	
	Características - De 4 a 6 metros de altura; Cor da flor: amarela; Cor da folhagem: verde claro.	

<i>Matricaria chamomilla</i>	Camomila	
	Comumente usada para aliviar a ansiedade, insônia, estresse e outros problemas relacionados ao sono.	
<i>Arnica</i>	Arnica	
	Possui propriedades anti-inflamatórias e analgésicas.	
<i>Aloe vera (L.) Burm. f.</i>	Aloe e Vera	
	Ajuda a tratar queimaduras, cortes, acne, eczema, psoríase e outras condições de pele.	
<i>Lavandula</i>	Lavanda	
	Possui propriedades calmantes e relaxantes, ao proporcionar um aroma agradável e ajudar a aliviar o estresse e a ansiedade.	
<i>Libidibia ferrea</i>	Pau-ferro	
	Hábito arbóreo com tronco liso, descamante, com manchas esverdeadas.	

<i>Delonix regia</i>	Flamboyant	
	Cerca de 12m de altura, Flores na cor amarela ou vermelha.	
<i>Inga communis</i>	Ingá comum	
	Remoção de Cd, Cr, Ni e Zn.	
<i>Anacardium occidentale</i>	Cajueiro	
	Altura entre 5 e 10 metros. Galhos sinuosos que contribuem para sua aparência peculiar. Flores pequenas, perfumadas com cores que vão do tom púrpura ao vermelho, proporcionando um aspecto muito bonito e agradável à vista.	
<i>Eugenia sulcata</i>	Pitanga-Preta-da-Restinga	
	Este é um tipo de árvore de tamanho médio que pode crescer entre 3 a 5 metros de altura, com uma copa arredondada e não muito densa. O tronco é cilíndrico e tortuoso, com casca de cor marrom-avermelhada que descama em placas finas e largas, e seu diâmetro pode variar de 15 a 55 cm.	

<i>Hippeastrum stylosum</i>	Açucena	
	Sistema de polinização por aves, Cor da flor: Rosa.	
<i>Agave angustifolia</i>	Agave	
	Altura de 0.6 a 1.2 metros, com folhas longas, rígidas e em forma de espada.	
<i>Mimosa sepiaria</i>	Maricá	
	Redução dos níveis de Cd, Cr, Ni e Zn.	
<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-pombo	
	Espécie nativa de médio porte. Apresenta resina da casca muito apreciada pelos saguins.	
<i>Amphirrhox longifolia</i>	Viola branca	
	Espécie nativa, arboreta com potencial medicinal.	
<i>Ctenanthe setosa</i>	Maranta cinza	
	Cerca de 30 a 60 centímetros de altura. Folhas ornamentais, elípticas e alongadas.	

<i>Stromanthe thalia</i> 'Triostar'	Maranta tricolor	
	Robusta e ramificada, com folhagem variegada extremamente ornamental.	

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos estudos da paleta vegetal do Projeto Parque Capibaribe.

Tabela 4.3 - Lista de plantas previamente selecionadas para compor os sistemas filtrantes e de recuperação ribeirinha do Riacho do Cavouco na UFPE.

PLANTAS LISTADAS PARA COMPOR OS SISTEMAS FILTRANTES		
NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	IMAGEM
<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Chapéu-de-couro	
	Capacidade de concentrar chumbo principalmente nas raízes	
<i>Canna x generalis</i>	Cana-do-brejo	
	Redução dos níveis de DQO e DBO.	
<i>Canna glauca</i> L.	Piriquiti	
	Remoção satisfatória para sólidos dissolvidos totais, matéria orgânica e nutrientes.	

<i>Heliconia psittacorum</i>	Helicônia-papagaio	
	Retenção do elemento fósforo.	
<i>Pontederia cordata</i>	Rainha-dos-lagos	
	Eficiência na remoção de matéria orgânica.	
<i>Thalia geniculata</i>	Caeté	
	Absorção de Fe, Mn, Cd, Ni, Pb, Cu, Mg.	
<i>Arachis repens</i>	Grama-amendoim	
	Auxilia como um controlador de escoamento superficial.	
<i>Cyperus alternifolius</i>	Sombrinha-chinesa	
	Apresentando altas taxas de extração de fósforo e nitrogênio amoniacal.	

<i>Montrichardia linifera</i>	Aninga-açu	
	Eficaz na absorção do Mg e Zn.	
<i>Cyperus papyrus</i>	Papiro	
	Redução da DBO e DQO e estabilização do pH.	
<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Taioba	
	Redução da DBO e DQO e estabilização do pH.	
<i>Nymphaea spp.</i>	Ninféia	
	Utilizada como bioindicador dos níveis de concentração de poluentes na água.	
<i>Zoysia japonica</i>	Grama-esmeralda	
	Auxilia como um controlador de escoamento superficial.	

<i>Iris pseudacorus</i>	Íris amarelo	
	Redução dos índices de N e P.	
<i>Equisetum giganteum</i>	Rabo-de-cavalo-gigante	
	Absorção dos elementos Cu, Zn, Mn e Ni.	
<i>Pontederia Parviflora</i>	Orelha de veado	
	Eficaz na remoção de Arsênio e Cromo.	
<i>Eleocharis acutangula</i>	Cebola-d'água	
	Eficaz na remoção de DQO, sólidos totais, turbidez, nitrogênio, fósforo e estabilização do pH	
<i>Typha domingensis</i>	Taboa	
	Remoção de mercúrio, hidrogênio, fósforo.	

<i>Tradescantia pallida</i>	Coração-roxo	
	Potencial em adsorver Pb em suas raízes.	

Fonte: Elaborada pelo autor com base em revisões bibliográficas referentes ao tema.

4.3 Intenções paisagísticas para as áreas de intervenções:

Como ponto inicial, considerou-se a vazão média do Riacho do Cavouco como sendo de $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$, o que equivale a 800 L/s , conforme constatado no relatório técnico de análise físico-química de sedimentos, água e medição de vazão pontual do Riacho Cavouco realizado em 14 de junho de 2020 pela empresa BRF Ambiental. O afluente possui uma vazão líquida diária de 69.120 m^3 . Com base nessa informação, e levando em consideração a disponibilidade da área escolhida para a implantação do jardim, bem como a qualidade hídrica atual, o sistema de jardim filtrante da UFPE foi dimensionado para ter uma capacidade total de $458 \text{ m}^3/\text{dia}$, o que corresponde a um percentual de $0,662\%$ do seu volume diário.

O sistema de filtrantes da UFPE é composto por um único Tanque de Recebimento (TR), dois Filtros Verticais (FV) e dois Filtros Horizontais (FH), além da Lagoa Plantada (LP) no final do sistema.

O depósito de recepção, com capacidade máxima volumétrica de 150m^3 , é responsável por armazenar a água bruta retirada do Cavouco. Os filtros operam em pares, compostos por uma unidade de filtro vertical e outra de filtro horizontal (FV 01 e FH 01, FV 02 e FH 02). O abastecimento ocorre semanalmente e de forma alternada, garantindo tempo suficiente para que as plantas e microrganismos presentes em um filtro se decomponham e absorvam os poluentes, enquanto o outro está em operação.

O tanque de recepção bombeia aproximadamente $240\text{m}^3/\text{h}$ para os filtros verticais, que abrangem uma área total de 907m^2 , onde ocorre o processo inicial de filtração. Em seguida, a água previamente tratada flui gravitacionalmente para os filtros horizontais, compostos por mais duas unidades que totalizam 724m^2 . Após o tratamento, a água é direcionada diretamente para a lagoa plantada, que tem capacidade para 375m^3 , representando a última etapa de filtração antes de retornar, por gravidade, ao Cavouco e seguir até o Rio Capibaribe. Estima-se que os jardins têm uma capacidade de filtração final entre 85% e 98% das águas.

Todas as informações mencionadas estão disponíveis na prancha de número 03, presentes nos anexos deste trabalho.

Os jardins filtrantes foram projetados considerando as características do terreno e a capacidade das plantas em remover impurezas. Foram selecionadas espécies específicas, como *Echinodorus grandiflorus*, *Canna x generalis*, *Canna glauca* L., *Heliconia psittacorum*, *Pontederia cordata*, *Thalia geniculata* e *Arachis repens*, para compor o layout dos jardins. A disposição das plantas segue um padrão em forma de arco ou semi-ogiva, inspirado nos desenhos paisagísticos de Roberto Burle Marx. Esse arranjo cria uma harmonia visual e permite que as cores das mesmas espécies de plantas se prolonguem ao longo dos jardins, proporcionando uma aparência esteticamente agradável (ver Figura 4.7).

Na lagoa plantada, no centro, há um espaço de convivência com bancos de concreto e luzes indiretas, criando um ambiente agradável para as pessoas se aproximarem da água. As plantas utilizadas na lagoa são *Pontederia cordata*, *Cyperus alternifolius*, *Nymphaea spp.*, *Equisetum giganteum* e *Eleocharis acutangula*.

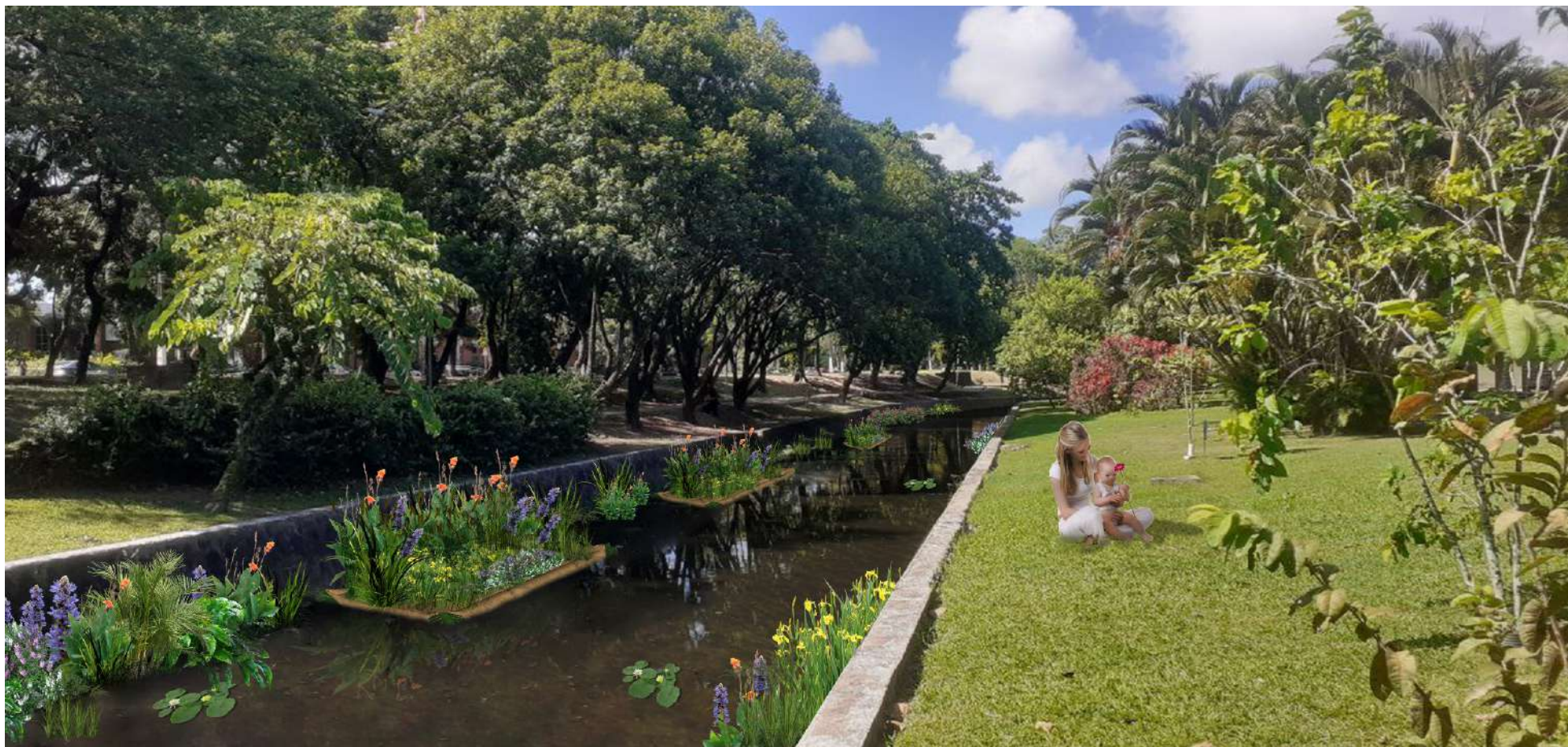
Na montagem dos módulos flutuantes, as espécies selecionadas para compor o seu arranjo incluem *Canna glauca* L., *Pontederia cordata*, *Cyperus papyrus*, *Iris pseudacorus* e *Tradescantia pallida*. No entanto, outras espécies também podem ser introduzidas para diversificar a disposição e as cores. Os módulos serão instalados ao longo de toda a extensão canalizada do riacho que está dentro dos limites da área de estudo, contribuindo para o paisagismo ao redor do Cavouco, conforme ilustrado na figura 4.8.

Figura 4.7 - Jardins filtrantes da UFPE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.8 - Módulos flutuantes dentro da calha canalizada do Riacho do Cavouco.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As demais espécies selecionadas na paleta vegetal serão utilizadas para compor os diversos ambientes das áreas de intervenções.

No trecho Várzea, na área por detrás do prédio do Serviço de Psicologia Aplicada da UFPE - SPA, propõe-se a construção de um espaço amplo, arborizado e repleto de mobiliários urbanos, como redários, cadeiras móveis e jardineiras. Além disso, serão realizadas atividades que abrangem o campo emocional e físico, como yoga e meditação, visando proporcionar bem-estar, reduzindo os níveis de ansiedade, estresse e depressão. O objetivo é que as ações relacionadas ao SPA também sejam realizadas nesse espaço, expandindo além das paredes de uma sala clínica. O projeto paisagístico inclui uma variedade de cores, aromas e texturas, com o plantio de árvores frutíferas e flores de tonalidades diversas. A figura 4.9 esquematiza essas intenções.

Para a área entre os prédios do CAC e do CTG, além dos jardins filtrantes mencionados anteriormente, propõe-se a implantação de um píer suspenso de madeira, localizado na margem esquerda do riacho e seguindo o relevo natural, para causar o mínimo impacto possível. Esse píer inclui bancos de concreto e uma escada de acesso, conectando a parte mais baixa à mais alta do terreno. Na margem direita do riacho, está previsto outro píer, desta vez feito de concreto poroso para permitir a permeabilização da água da chuva para o solo. Esse píer será arborizado e espaçoso, proporcionando um ambiente ideal para encontros sociais entre os frequentadores da universidade. Para conectar as margens, haverá um caminho feito de blocos de concreto, que além de permitir a travessia das pessoas, também promoverá a oxigenação da água do riacho devido ao turbilhonamento durante o fluxo. As figuras 4.10 e 4.11 ilustram o estado atual do riacho nessa área mencionada, enquanto a figura 4.12 apresenta a sugestão de proposta para o local.

Figura 4.9 - Espaço proposto para a área atrás do Serviço de Psicologia Aplicada da UFPE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.10 - Atual situação do trecho CAC/CTG.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 4.11 - Atual situação do trecho CAC/CTG, vista lateralmente.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 4.12 - Proposta paisagística para o trecho CAC/CTG.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o trecho Biológicas, em sua porção após o pontilhão LIKA da UFPE, propõe-se a continuação do desenho paisagístico, com o plantio de novos indivíduos vegetais e o tratamento para erradicação de patologias que podem hoje estar acometendo as árvores lá presentes. Além disso, há uma proposta de prolongamento da pista de cooper existente nessa área, aumentando-a em cerca de 350 metros. Isso permitirá o contorno de uma esplanada, que será construída com um piso de concreto permeável. Essa esplanada permitirá o fluxo de pedestres pela margem esquerda do riacho e poderá ser utilizada para eventos, como por exemplo a feira de alimentos orgânicos que acontece semanalmente naquelas proximidades.

Ainda na mesma margem, entre os prédios do Núcleo de Pesquisa em Inovação Terapêutica Suely Galdino - NUPIT SG e do Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva, idealiza-se a implantação de um novo espelho d'água. Este terá uma função contemplativa, apresentando os frequentadores do ambiente com mais um local de descanso. Na margem direita desse trecho do riacho, é aconselhável inserir móveis como pergolados, bancos e cadeiras, assim como serviços urbanos, como a disponibilização gratuita de internet, além de grandes canteiros onde serão plantadas árvores. É crucial que todas as áreas mantidas a intervenções sejam extensamente arborizadas. As árvores oferecem um microclima agradável em ambientes onde estão localizadas, o que influencia o bem-estar das pessoas e contribui para caminhadas mais confortáveis e duradouras. Além disso,

Propõe-se a construção de um novo pontilhão sobre o riacho como medida para melhorar o fluxo de pessoas entre essas áreas. Esses equipamentos permitem a apropriação do espaço pelas pessoas, evitando que sejam invadidos por veículos ou que se tornem locais ociosos. As informações estão ilustradas na prancha de número 06.

4.4 Diretrizes gerais para garantir um bom desempenho no projeto:

As intervenções fitorremediadoras no Riacho do Cavouco devem ser vistas de forma sistêmica, integradas com as políticas de gestão pública, tanto municipais como as competentes ao *campus*. Seguem adiante algumas das principais diretrizes gerais que devem ser obedecidas, com o intuito de proporcionar os melhores benefícios das intervenções:

1. A implantação dos conceitos do DUSA na área do Cavouco, em especial a aplicação dos modelos fitoremediadores, representa um grande avanço na requalificação do tratamento da água do riacho e das interações sociais associadas. Para tornar isso permanente, é necessário que haja um acompanhamento constante realizado por profissionais qualificados, onde as questões relacionadas à manutenção, como a poda das plantas, a limpeza dos espaços comuns e a vistoria das bombas hidráulicas envolvidas, entre outros fatores, sejam realizadas continuamente.

Com isso, a primeira diretriz indicada para a continuidade do uso adequado do projeto é a criação de uma equipe técnica qualificada, responsável por manter as características saudáveis das plantas e do desenho paisagístico proposto, trabalhando de forma integrada com os grupos de pesquisadores e paisagistas que constituem o corpo acadêmico do *campus*.

2. A iluminação e a vigilância são fatores fundamentais para a apropriação do espaço, pois, quando bem adequados, fornecem a sensação de segurança para os transeuntes. Pensando nisso, propõe-se a inserção de postes e balizadores em quantidade e arranjo congruentes, de forma a garantir a quantidade de luz mínima suficiente para proporcionar as atividades planejadas ao espaço. Propõe-se também a instalação de postos de vigilância e de videomonitoramento.

3. Levando em consideração a disponibilidade dos laboratórios de pesquisa científica e os grupos de profissionais de várias áreas do conhecimento acadêmico

da UFPE, é indicada a criação de um Programa de Controle e Qualidade Ambiental do Cavouco. Esse programa será formado por funcionários, pesquisadores da Universidade e contará com a participação da sociedade civil. Um dos objetivos do programa será a realização periódica da análise da qualidade ambiental do Riacho do Cavouco e das infraestruturas como um todo, a fim de identificar possíveis fontes poluidoras e monitorar a eficiência dos sistemas fitorremediadores implantados. Isso fornecerá suporte técnico para a tomada de decisões na gestão ambiental do campus.

4. Apesar das contribuições realmente satisfatórias dos jardins filtrantes e dos ecossistemas flutuantes na redução dos níveis de poluentes nas águas, infelizmente, sem uma ampla intervenção na coleta e tratamento do esgoto das residências no entorno do riacho, as intervenções do DUSA serão significativamente limitadas. Para evitar essa situação, é necessário realizar obras de implantação de saneamento público urbano nas áreas residenciais dos bairros adjacentes e em todo o campus da UFPE. Atualmente, o prazo final para a completa universalização do esgotamento sanitário no perímetro urbano da Região Metropolitana do Recife está previsto para o ano de 2037, por meio do programa Cidade Saneada. Apesar de reconhecer o grande desafio, é essencial promover interações entre a UFPE e a COMPESA, responsável pela concessão dos serviços públicos de saneamento básico no Estado de Pernambuco, a fim de agilizar as obras de saneamento nas áreas próximas ao riacho. Embora a eficácia na filtragem da água contaminada do riacho seja comprovada, o volume captado para tratamento ainda é pequeno em comparação com o total diário do afluente. Portanto, os processos de fitorremediação propostos não devem ser vistos como a solução final para combater a poluição do Cavouco, mas sim como um complemento às outras medidas sanitárias para a área urbana.

A implantação das técnicas fitorremediadoras nas imediações da Universidade é uma ação realista, pois uma solução semelhante está sendo adotada em outra região do Riacho do Cavouco. Embora apresente um custo de investimento menor em comparação com outras abordagens semelhantes, ainda é necessário um capital financeiro para sua execução.

Para viabilizar as ações propostas, são indicadas abaixo possíveis fontes de recursos que possam financiar essas obras para a Universidade.

1 - A primeira delas trata-se do Fundo Global para o Meio Ambiente, programa pertencente às Nações Unidas para o Meio Ambiente e que tem como objetivo apoiar, por meio da alocação de recursos, projetos que sejam de baixo impacto na emissão de poluentes.

2 - Fundo Nacional de Meio Ambiente, instituído pela Lei Federal de número 7.797, de 10 de julho de 1989, tem por meta conceder recursos para projetos que objetivem o uso racional e sustentável de recursos naturais, proporcionando a melhoria ou recuperação da qualidade ambiental, o que gera qualidade de vida para a população brasileira.

3 - Por meio da realocação de multas ambientais aplicadas a empresas privadas que descumpriram a legislação ambiental vigente, é possível obter recursos para financiar projetos de preservação e recuperação ambiental.

4 - Buscar apoio de empresas privadas, por meio de parcerias e patrocínios, que tenham interesse em investir em projetos de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

Ao seguir essas diretrizes e explorar as possíveis fontes de recursos financeiros mencionados, será possível viabilizar o projeto de forma efetiva e alcançar os objetivos propostos, com certeza para a melhoria ambiental e o bem-estar da comunidade alcançada. Assim sendo, o projeto segue agora as conclusões finais para o projeto aqui apresentado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É cada vez mais evidente que os espaços públicos que permitem o contato com a natureza apresentam grande potencial para transformar de maneira positiva a rotina das pessoas que os frequentam. Eles são constantemente usados como uma forma de escapar da agitação associada à vida na cidade, proporcionando um refúgio tranquilo para quem busca benefícios em seu bem-estar físico e mental, especialmente após uma situação pandêmica enfrentada recentemente pela humanidade.

A recuperação hídrica e das margens de um riacho urbano, como o Cavouco, traz a chance de criar esses ambientes e presenteia a UFPE com a oportunidade de saudar as comunidades da zona oeste da cidade, especialmente a da Várzea, com um belo espaço paisagístico que funcionará como um cartão de visita para a universidade. Isso transformará as áreas renegadas do riacho em atrativos vivos.

Para que o projeto seja bem-sucedido após a sua implementação, é essencial que as pessoas, principalmente aquelas que vivem mais próximas, se envolvam e se sintam responsáveis pelas áreas recuperadas. Elas devem contribuir para a manutenção e conservação dos equipamentos urbanos e da biodiversidade, ajudando na preservação desses espaços renovados.

Espera-se que este trabalho seja muito útil para a sociedade em geral e para instâncias institucionais, como a Prefeitura do Recife e a UFPE. Além disso, ele deve servir como um incentivo para que mais iniciativas na natureza sejam implantadas em áreas urbanas. Essas iniciativas podem ser uma opção técnica e paisagística às soluções de drenagem tradicionais, ajudando a transformar os riachos dentro das cidades em lugares repletos de vida e simbolizando a resistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Maria do Carmo. **Iputinga (bairro, Recife)**. Fundação Joaquim Nabuco - Biblioteca Blanche Knopf, 2009. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 29 out. 2022.

ARAÚJO, Marlyete Chagas de; OLIVEIRA, Maria Betânia Melo de. **Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco**. Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 8, p. 247-257, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/PPLzN5spbxnBcX7JvWGRRMG/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 01 dez. 2022.

_____. **Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco**. Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 8, p. 247-257, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/PPLzN5spbxnBcX7JvWGRRMG/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 01 dez. 2022.

BEZERRA, Onilda Gomes; DE OLIVEIRA MELO, Vera Lúcia Mayrinck. **Valores da paisagem: os significados dos rios e manguezais da cidade do Recife**. Paisagem e Ambiente, n. 34, p. 95-106, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/97124>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

BLAUTH, Gabrielle Peruch; BEATI, André A. Gutierrez Fernandes. **Estudo da efetividade dos jardins filtrantes no tratamento de efluentes sanitários**. 2018. Pág. 121. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade São Francisco, Campinas, 2018. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/04/efetividade-jardins-filtrantes-tratamento-efluentes.pdf>>. Acesso em: 25 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 05, de 28 de setembro de 2017**. Brasília, 2021. Disponível em <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em 18 jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989. **Cria o Fundo Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7797.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%207.797%2C%20DE%2010%20DE%20JULHO%20DE%201989.&text=Cria%20o%20Fundo%20Nacional%20de,Art.>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

DE ALBUQUERQUE MELO, Normando Jorge. **A Invenção do Espaço Habitacional nas Margens do Rio Capibaribe do Recife: relações de lugar e de visibilidade.** Revista Vernáculo, v. 1, n. 6/7, 2002. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/vernaculo/article/view/18489/12029>>. Acesso em: 29 out. 2022.

DE RECIFE, **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM DO RECIFE – PDDR.** Prefeitura do Recife. Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), 2016.

_____. Prefeitura do Recife. Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), 2016.

DE SOUZA FREITAS, Juliana Maria; FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **O ressurgimento do Pirarungáua: Caminhos e descaminhos das águas urbanas.** Revista LABVERDE, v. 9, n. 2, p. 129-152, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/146747/153237>>. Acesso em: 17 out. 2022.

_____. **O ressurgimento do Pirarungáua: Caminhos e descaminhos das águas urbanas.** Revista LABVERDE, v. 9, n. 2, p. 129-152, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/146747/153237>>. Acesso em: 17 out. 2022.

CABRAL, Jaime da S.; CERQUINHA, Gastão.; GUSMÃO, Marina B.; CARVALHO, Andreza F. **Início da mudança de paradigma em relação aos cuidados com os rios e riachos urbanos em Recife.** Anais. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/83449522-Inicio-da-mudanca-de-paradigma-em-relacao-aos-cuidados-com-os-rios-e-riachos-urbanos-em-recife.html>>. Acesso em: 10 out. 2022.

CALADO,S.C.S.PRYSTHON, E.K.P.,SILVA,V.L. (UFPE). Recife/PE. **Monitoramento da qualidade das águas do Riacho Cavouco da UFPE**. In: 47º Congresso Brasileiro de Química. Natal. 2007. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/5/5-166-378.htm>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CAMARGO FAXINA, R. R. de; MOURA BERTOLINO, S.; CARVALHO BASILIO DE AZEVEDO, L. **Espécie de vereda na fitorremediação de efluente de uma central de processamento de alimentos vegetais**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 71–84, 2018. DOI: 10.9771/gesta.v6i1.22206. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/22206>>. Acesso em: 8 jan. 2023

CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. **O domínio das águas, o Recife se faz no tempo**. MNEMOSINE REVISTA, p. 86, 2012. Disponível em: <<https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3326>>. Acesso em: 04 out. 2022.

CASTRO, Josué de. **Homens e caranguejos**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2001.

CHAVES, LÚCIA HELENA & MESQUITA, EVANDRO & ARAUJO, DIVA & FRANÇA, CLEBIA. (2010). **Acúmulo e Distribuição de Cobre e Zinco em Mamoneira Cultivar BRS Paraguaçu e Crescimento da Planta**. Engenharia Ambiental : Pesquisa e Tecnologia. v. 7, p. 263-277, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/47457366_Acumulo_e_Distribuicao_de_Cobre_e_Zinco_em_Mamoneira_Cultivar_BRS_Paraguacu_e_Crescimento_da_Planta. Acesso em: 04 nov. 2022.

CHEONGGYECHEON. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cheonggyecheon>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

CLETO, Catarina Isabel Terenas Pinto. **O alumínio na água de consumo humano**. 2008. Tese de Doutorado. Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/2842>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

CORMIER, Nathaniel, S.; PELLEGRIN, Paulo Renato Mesquita. **Infraestrutura Verde: Uma Estratégia Paisagística para a água urbana.** Paisagem Ambiente: ensaios - n. 25 - São Paulo - p. 125 - 142, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/issue/view/3334/947>. Acesso em: 07 mar. 2022.

COUTINHO, Henrique Douglas; BARBOSA, Alyne Rats. **Fitorremediação: Considerações gerais e características de utilização.** Silva Lusitana, v. 15, n. 1, p. 103-117, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277055203_Fitorremediacao_Consideracoes_Gerais_e_Caracteristicas_de_Utilizacao. Acesso em: 05 nov. 2022.

COY, Martin. **A interação rio-cidade e a revitalização urbana: experiências europeias e perspectivas para a América Latina.** Confins, n. 18, 2013. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/8384>. Acesso em: 24 out. 2022.

TV CREA-GO. **Tratamento de esgoto com plantas.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GoPCJ8vdSgM&t=128s>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

Curitiba: **Recuperação da Bacia do Barigui.** Oppla, 2022. Disponível em: <<https://oppla.eu/casestudy/20056>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

Ecoparque Natura: jardins de filtração. Oppla, 2022. Disponível em: <<https://oppla.eu/sites/default/files/uploads/eu-brazil-nbs-dialogue-ecopark.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

FERREIRA, Sabrina Moraes; VALLINA, Kátia de Araújo Lima. **O Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (PROSAMIM): a construção de uma nova espacialidade.** Seminário Nacional de Serviço Social, Trabalho e Política Social. UFSC, Florianópolis, 2015. Disponível em: https://seminarioservicosocial.paginas.ufsc.br/files/2017/05/Eixo_3_214.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

FREITAS, F.R.S. (2013). **Avaliação progressiva da qualidade da água do escoamento superficial de uma bacia fechada de drenagem urbana**. 53p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

FREITAS, J. M. de S.; FRANCO, M. de A. R. **O ressurgimento do Pirarungáua: caminhos e descaminhos das águas urbanas**. Revista LABVERDE, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 129-152, 2019. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.v9i2p129-152. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/146747>. Acesso em: 16 jan. 2023.

IBGE. CENSO Demográfico, 2010. **Resultados do universo: características da população e domicílios**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil 2022**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Resumo_Executivo_-_Ranking_22.pdf> Acesso em: 17 dez. 2022.

G1 PE. Com chuvas fortes, Grande Recife tem alagamentos, queda de árvores e transtornos. G1 Pernambuco, Recife, 13 mai. 2021. Notícia. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2021/05/13/com-registro-de-chuvas-fortes-grande-recife-tem-alagamentos-e-transtornos.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2022.

GASPAR, Lúcia. Apipucos (bairro, Recife). **Pesquisa Escolar Online, Fundação Joaquim Nabuco, Recife**. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar>. Acesso em: 25 ago. 2022.

HALLEY, Bruno Maia. **Dos moinhos de açúcar aos sítios de arrabaldes: A formação dos bairros continentais na cidade do Recife**. Recife. Revista de Geografia (UFPE), v. 30, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229080/23485>. Acesso: 15 out. 2022.

_____. **Dos moinhos de açúcar aos sítios de arrabaldes: A formação dos bairros continentais na cidade do Recife.** Recife. Revista de Geografia (UFPE), v. 30, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229080/23485>. Acesso: 15 out. 2022.

_____. **Dos moinhos de açúcar aos sítios de arrabaldes: A formação dos bairros continentais na cidade do Recife.** Recife. Revista de Geografia (UFPE), v. 30, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229080/23485>. Acesso: 15 out. 2022.

HERZOG, Cecília Polacow; ROSA, Lourdes Zunino. **Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana.** Revista LABVERDE, [S. l.], n. 1, p. 92-115, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61281>. Acesso em: 29 ago. 2022.

IBGE. **Censo 2010 - Sinopse por Setores.** Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>. Acesso em 02 out. 2022.

JUNIOR, J. R. T; CANDEIAS, A. L. B. **Localização de aterros no Recife Antigo, Pernambuco a partir do georreferenciamento dos mapas holandeses de 1648, inglês de 1907, da planta de cadastral de 1990 e da imagem HCR-2008.** V Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica. Petrópolis: [s.n.]. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315743832_LOCALIZACAO_DE_ATERROS_NO_RECIFE_ANTIGO_PERNAMBUCO_A_PARTIR_DO_GEOREFERENCIAMENTO_DOS_MAPAS_HOLANDES_DE_1648_INGLES_DE_1907_DA_PLANTA_CADASTRAL_DE_1990_E_DA_IMAGEM_HRC-2008 . Acesso em: 05 jun. 2022.

LIMA, Aryane. **Projeto de Restauração do Cheonggyecheon.** Projeto Batente, 2018. Disponível em: <https://projetobatente.com.br/projeto-de-restauracao-do-cheonggyecheon/> . Acesso em: 17 out. 2022.

LINS, Juarez Nogueira. **Geografia e literatura: uma leitura interdisciplinar do Recife através da poesia de Manuel Bandeira, Carlos Pena Filho e João Cabral de Melo Neto**. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/7934>. Acesso em: 22 mar. 2022.

LIRA, Larissa. **Chuvas causam deslizamentos de terra e deixam moradores de áreas de risco apreensivos no Grande Recife**. Jornal do Commercio de Pernambuco, Recife, 06 ago. 2021. Habitação. Disponível em: <<https://jc.ne10.uol.com.br/pernambuco/2021/08/13024645-chuvas-causam-deslizamentos-de-terras-e-deixam-moradores-de-areas-de-risco-apreensivos-no-grande-recife.html>>. Acesso em: 10 out. 2022.

LISBOA, Breno Almeida Vaz. **Engenhos, açúcares e negócios na capitania de Pernambuco (c. 1655--c. 1750)**. Clio: Revista de Pesquisa Histórica, n. 32.1, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaclio/article/view/24458/19774>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

MELO, Vera Mayrinck. **As paisagens do Rio Capibaribe no século XIX e suas representações**. Revista Paisagem e ambiente, n. 23, p. 253-263, 2007. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/88054/90940>>. Acesso em: 09 jun. 2022.

_____. **As paisagens do Rio Capibaribe no século XIX e suas representações**. Revista Paisagem e ambiente, n. 23, p. 253-263, 2007. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/88054/90940>>. Acesso em: 09 jun. 2022.

MENDES, M. E. R. **A fitorremediação como estratégia de projeto para a sustentabilidade urbana**. 2018. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018. Disponível em : <https://issuu.com/meribeioromendes/docs/mendes_mariaestelaribeiro_m> Acesso em: 16 dez. 2022.

_____. **A fitorremediação como estratégia de projeto para a sustentabilidade urbana.** 2018. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018. Disponível em : <https://issuu.com/meribeiriomendes/docs/mendes_mariaestelaribeiro_m> Acesso em: 16 dez. 2022.

_____. **A fitorremediação como estratégia de projeto para a sustentabilidade urbana.** 2018. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018. Disponível em : <https://issuu.com/meribeiriomendes/docs/mendes_mariaestelaribeiro_m> Acesso em: 16 dez. 2022.

_____. **A fitorremediação como estratégia de projeto para a sustentabilidade urbana.** 2018. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018. Disponível em : <https://issuu.com/meribeiriomendes/docs/mendes_mariaestelaribeiro_m> Acesso em: 16 dez. 2022.

FONSECA NETO, Gastão Cerquinha da. **Vulnerabilidade da macrodrenagem do riacho cavouco em Recife em resposta às mudanças climáticas e à abertura das comportas da barragem de Carpina.** 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/32125/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Gast%c3%a3o%20Cerquinha%20da%20Fonseca%20Neto.pdf>> Acesso em: 13 abr. 2022.

MENEZES, José Luiz Mota. **Atlas histórico cartográfico do Recife.** Fundação Joaquim Nabuco. Editora Massangana. 110p.1988.

MOURA, Newton CB et al. **Melhores Práticas de Manejo das águas de Chuva como Estratégia de Drenagem Urbana: Experiência e Resultados.** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v. 20, 2013. Disponível em:

https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/86dc0d1d03335120222e35bd13e429c2_7971caad329482c5c1354860af2686b2.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022.

OLIVEIRA, Maria Betânia Melo; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves; CORREIA, Kenia Valença. **Riacho Cavouco: que riacho é esse?**. v. 01. Recife: Editora UFPE, 2017, p. 01 - 126. Disponível em: < <https://editora.ufpe.br/books/catalog/view/248/234/703> > Acesso em: 06 mai. 2022.

_____. **Riacho Cavouco: que riacho é esse?**. v. 01. Recife: Editora UFPE, 2017, p. 01 - 126. Disponível em: < <https://editora.ufpe.br/books/catalog/view/248/234/703> > Acesso em: 06 mai. 2022.

_____. **Riacho Cavouco: que riacho é esse?**. v. 01. Recife: Editora UFPE, 2017, p. 01 - 126. Disponível em: < <https://editora.ufpe.br/books/catalog/view/248/234/703> > Acesso em: 06 mai. 2022.

_____. **Riacho Cavouco: que riacho é esse?**. v. 01. Recife: Editora UFPE, 2017, p. 01 - 126. Disponível em: < <https://editora.ufpe.br/books/catalog/view/248/234/703> > Acesso em: 06 mai. 2022.

CLAÚDIA OLIVEIRA; GUETHI, Neuvânia Cutti; ALLEN Scott J. **Arqueologia de Engenhos: paisagens e pessoas**. v. 01. Recife: Editora UFPE, 2017, p. 145. Disponível em: < <https://editora.ufpe.br/books/catalog/download/25/26/63?inline=1> > Acesso em: 17 dez. 2022.

_____. **Arqueologia de Engenhos: paisagens e pessoas**. v. 01. Recife: Editora UFPE, 2017, p. 145. Disponível em: < <https://editora.ufpe.br/books/catalog/download/25/26/63?inline=1> > Acesso em: 17 dez. 2022.

Parque Capibaribe – Caminho das Capivaras. 2021. Disponível em: <<http://parquecapibaribe.org/>> Acesso em: 04 out. 2022.

PARQUE ORLA PIRATININGA ALFREDO SIRKIS. Niterói - RJ, 2021, Prefeitura Municipal de Niterói. Disponível em: <<http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/parque-orla-de-piratininga/> >. Acesso em: 18 out. 2022.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. **Os impactos da falta de saneamento básico em Recife/PE.** 12 mar. 2021. Disponível em: <<https://saneamentobasico.com.br/outros/geral/impactos-falta-saneamento-recife/>> Acesso em: 17 out. 2022.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Serviço para o Cidadão - Iputinga.** Recife, 2023. Recife, Prefeitura Municipal da Cidade do Recife. Disponível em: <<https://www2.recife.pe.gov.br/servico/iputinga?op=NTI4Mg>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Serviço para o Cidadão - Cidade Universitária.** Recife, 2023. Recife, Prefeitura Municipal da Cidade do Recife. Disponível em: <<https://www2.recife.pe.gov.br/servico/cidade-universitaria?op=NTI4Mg>>. Acesso em 02 out. 2022.

PROGRAMA SOCIAL E AMBIENTAL DOS IGARAPÉS DE MANAUS (PROSAMIM): In: UGPE: Unidade Gestora de Projetos Especiais, 2003. Disponível em: <<http://www.ugpe.am.gov.br/programas/prosamim/>>. Acesso em: 17 jan. 2023.

RAMOS, Ana Catarina Peregrino Torres; CASTRO, Viviane Maria Cavalcanti de; MEDEIROS, Ricardo Pinto de. **A Comunidade do Arruado do Antigo Engenho do Meio, Universidade e Ações Educativas.** Anais do XX Congresso SAB – Memória, Patrimônio Cultural e Direitos Humanos, Pelotas RS, 2019. Disponível em: <[https://www.xxcongresso.sabnet.org/resources/anais/8/1567541543_ARQUIVO_ResumoexpandidoSAB\[13394\]\[13417\].pdf](https://www.xxcongresso.sabnet.org/resources/anais/8/1567541543_ARQUIVO_ResumoexpandidoSAB[13394][13417].pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2022.

RECIFE. **Lei nº 15.925/94, de 03 de junho de 2009. Altera o zoneamento da cidade, transformando a área denominada “Campo do Banco”, sita no bairro da Várzea, em Zona Especial de Interesse Social.** Lei Nº 15.925/94. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1994/1593/15925/lei-ordinaria-n-15925-1994-altera-o-zoneamento-da-cidade-transformando-a-area-denominada->

campo-do-banco-sita-no-bairro-da-varzea-em-zona-especial-de-interesse-social>.

Acesso em: 05 abr. 2022.

RECIFE. **Lei nº 16.176/96, de 20 de dezembro de 1996. Cadastro das Unidades de Conservação da Cidade do Recife.** Lei nº 16.176/96. Disponível em: <http://www.recife.pe.gov.br/especiais/meioambiente/dirmam_areas.php>. Acesso em: 04 jan. 2022.

Repartição das Obras Públicas. Coleção Benedicto Ottoni. Disponível em: http://acervo.bndigital.bn.br/sophia/index.asp?codigo_sophia=3092. Acesso em: 02 abr. 2022.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 15 de junho 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.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>>. Acesso em: 23 out. 2022.

RIBEIRO, Estefânia S. et al. **Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em Echinodorus grandiflorus.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, p. 605-612, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/rbeaa/a/Zjq6pSPNFSrbr9jjdv9cbpH/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

RIGHETTO, Antonio Marozzi; GOMES, Kaline Muriel; FREITAS, Francisco Rafael Sousa. **Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, p. 1109-1120, 2017. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/esa/a/qYyFKqt5z7sKVcXW7TmMSg/abstract/?lang=pt> >. Acesso em: 31 out. 2022.

ROCHA, Elis Gean et al. **Uso de jardins flutuantes na remediação de águas superficiais urbanas poluídas.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 9, n. 7, p. 98-109, 2018. Disponível em: < <http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2018.007.0010> > Acesso em: 07 jan. 2023.

SANTANA, Leticia. **A conservação do Riacho do Cavouco: recomendações para a gestão dos valores patrimoniais da paisagem.** 2018. Pág. 121. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

_____. **A conservação do Riacho do Cavouco: recomendações para a gestão dos valores patrimoniais da paisagem.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

_____. **A conservação do Riacho do Cavouco: recomendações para a gestão dos valores patrimoniais da paisagem.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

_____. **A conservação do Riacho do Cavouco: recomendações para a gestão dos valores patrimoniais da paisagem.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

_____. **A conservação do Riacho do Cavouco: recomendações para a gestão dos valores patrimoniais da paisagem.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, Joelmir & Meneses, Ana & Mota, Maiara. (2021). **Entender a natureza para projetar: a Paleta Vegetal do Projeto Paisagístico do Parque Capibaribe.** Revista Brasileira de Geografia Física. 14. 281. 10.26848/rbgf.v14.1.p281-297. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/351043258_Entender_a_natureza_para_projetar_a_Paleta_Vegetal_do_Projeto_Paisagistico_do_Parque_Capibaribe> Acesso em: 30 dez. 2022.

TAVARES, S. R de L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação

em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 415. 2009. Disponível em: <
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/578247/1/TeseSilvioCompleta.pdf>
> Acesso em: 28 dez. 2022.

TEIXEIRA, Emmanuel. **Soluções alternativas para a drenagem urbana.** Ideal Consultoria Júnior. 2020. Disponível em:<
<https://www.idealjr.com/post/solu%C3%A7%C3%B5es-alternativas-para-a-drenagem-urbana>> . Acesso em: 02 nov. 2022.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gerenciamento da drenagem urbana.** Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. Vol. 7, n. 1 (2002 jan./mar.), p. 5-27, 2002. Disponível em:
<<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/231957>> Acesso em: 01 mar. 2022.

VASCONCELOS, Thatiana Lima; SÁ, L. A. C. M. **A Cartografia Histórica da Região Metropolitana do Recife.** 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica. v. 1, p. 1-20, Paraty, 2011. Disponível em:<
https://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/VASCONCELOS_THATIANA_E_SA_LUCILENE_ANTUNES.pdf0> . Acesso em: 27 set. 2022.

VILHENA, Luís. **A Bahia no século XVIII.** Salvador: Editora Itapuã, 1969, v. III, livros III e IV p. 826. Disponível em
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaclio/article/download/24747/20021>. Acesso em: 08 set. 2022.

PLANNING, Australian Capital Territory; AUTHORITY, Land. **Waterways-Water Sensitive Urban Design.** General Code. 2009. Disponível em:<
<http://www.legislation.act.gov.au/ni/2008-27/copy/64663/pdf/2008-27.pdf>>
Acesso em: 12 maio. 2022.

ANEXOS

Prancha 01 - Localizações dos pontos de intervenções urbanísticas no trecho em estudo do Riacho do Cavouco.

Prancha 02 - Representação esquemática de um Jardim Filtrante.

Prancha 03 - Intervenções propostas para os trechos Várzea e CAC/CTG.

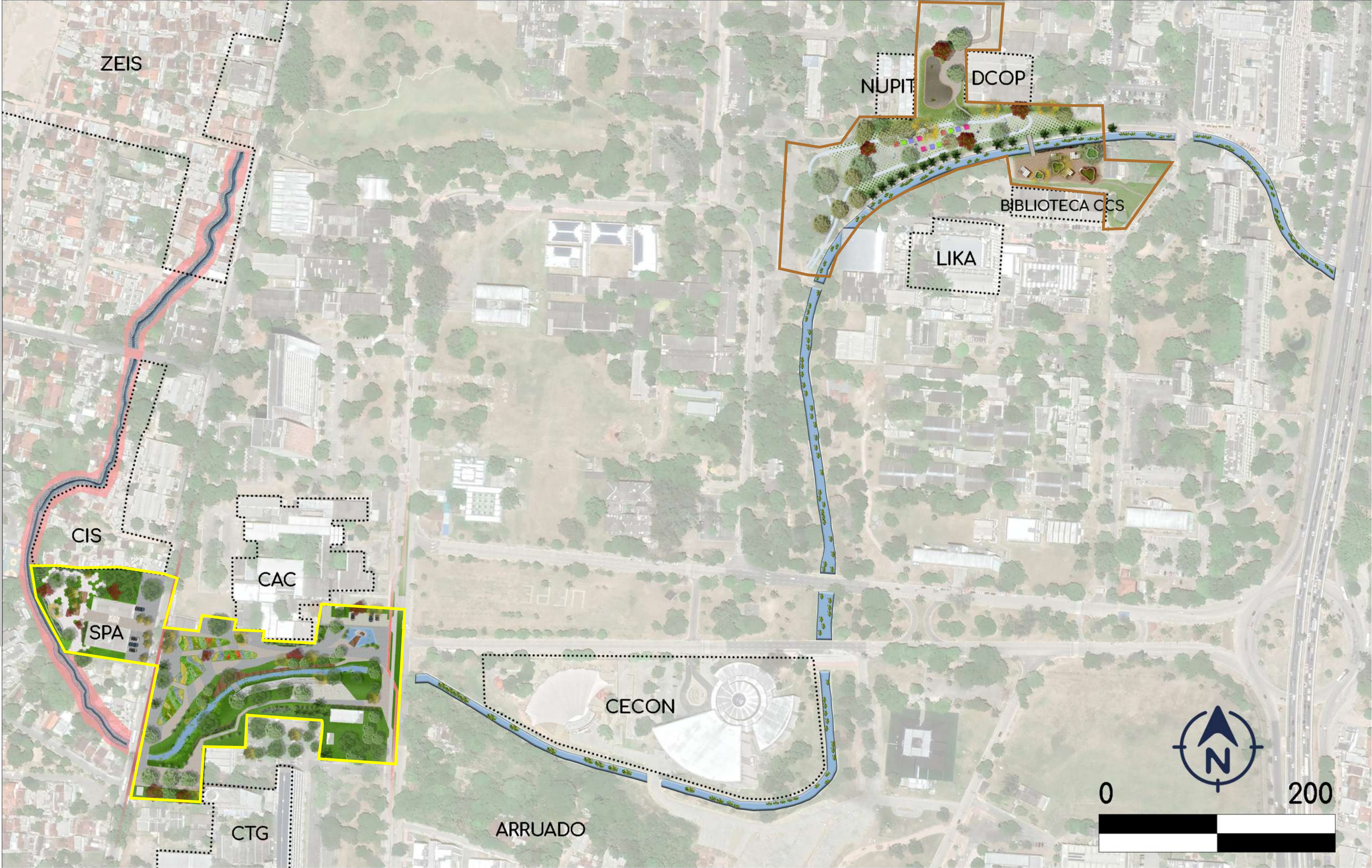
Prancha 04 - Detalhes das intervenções propostas para os trechos Várzea e CAC/CTG.

Prancha 05 - Ecossistemas flutuantes.

Prancha 06 - Intervenções propostas para o trecho Biológicas.

Prancha 07 - Equipamentos urbanos propostos.

Prancha 01



- COMUNIDADE ARRUADE
- BIBLIOTECA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
- CAC - CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÕES
- CECON - CENTRO DE CONVENÇÕES
- CIS - COMUNIDADE DE INTERESSE SOCIAL - SÍTIO TOCA DO BIGODE
- CTG - CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
- DCOP - DEPARTAMENTO DE CLÍNICA DE ODONTOLOGIA PREVENTIVA
- LIKA - LABORATÓRIO DE IMUNOPATOLOGIA KEISO ASAMI
- NUPIT - NÚCLEO DE INOVAÇÃO TERAPÊUTICA
- SPA - SERVIÇO DE PSICOLOGIA APLICADA
- ZEIS - ZONA ESPECIAL DE INTERESSE SOCIAL - CAMPO DO BANCO

- MARGEM EM REVESTIMENTO GABIÃO
- DETALHES VISTOS NA PRANCHA NÚMERO 02
- DETALHES VISTOS NA PRANCHA NÚMERO 04
- DETALHES VISTOS NA PRANCHA NÚMERO 05



Espécies Seleccionadas



Arachis repens
(Gramma-amendoim)



Thalia geniculata
(Caeté)



Cana x generalis
(Biri)



Cana glauca
(Piriquiti)



Heliconia psittacorum
(Helicônia bico de papagaio)



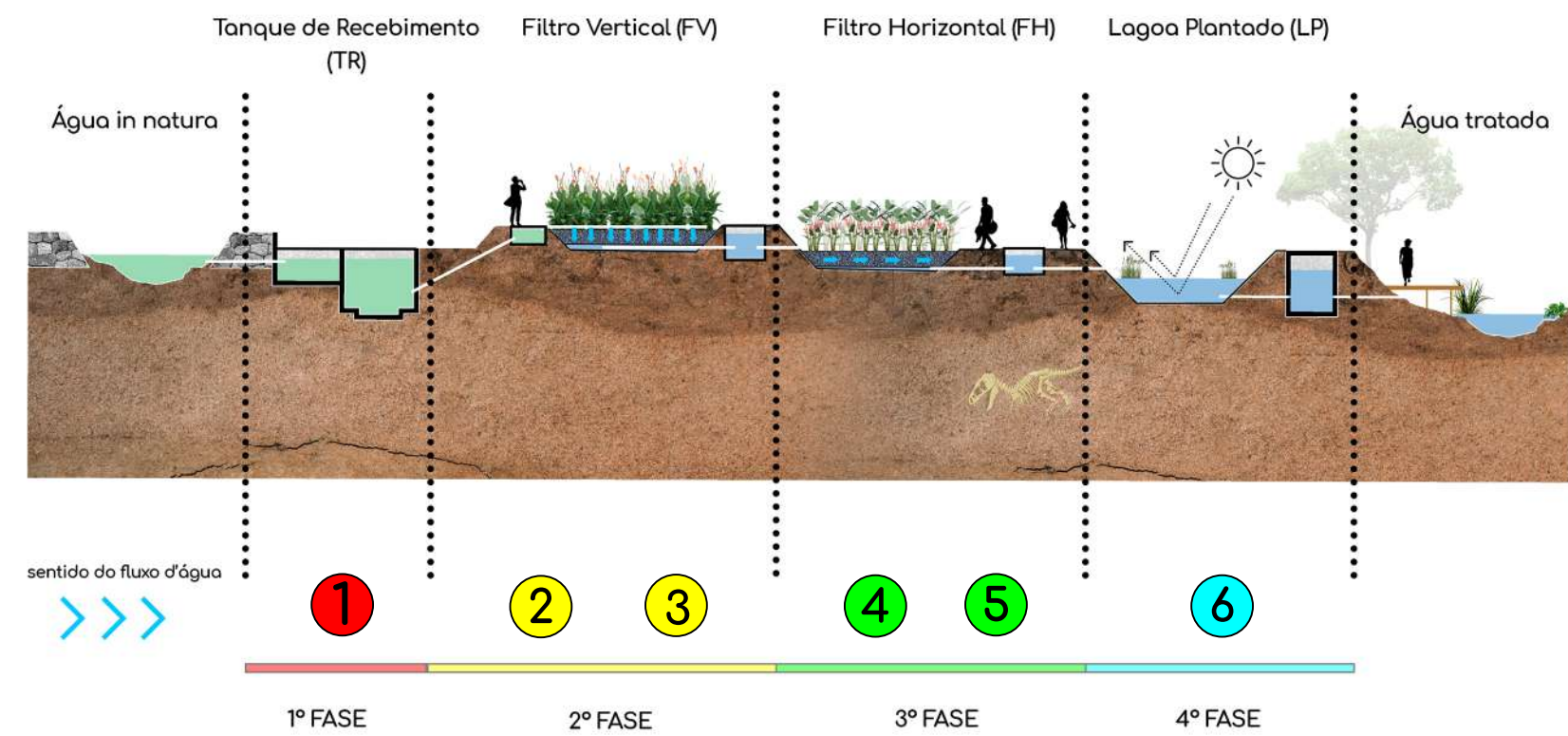
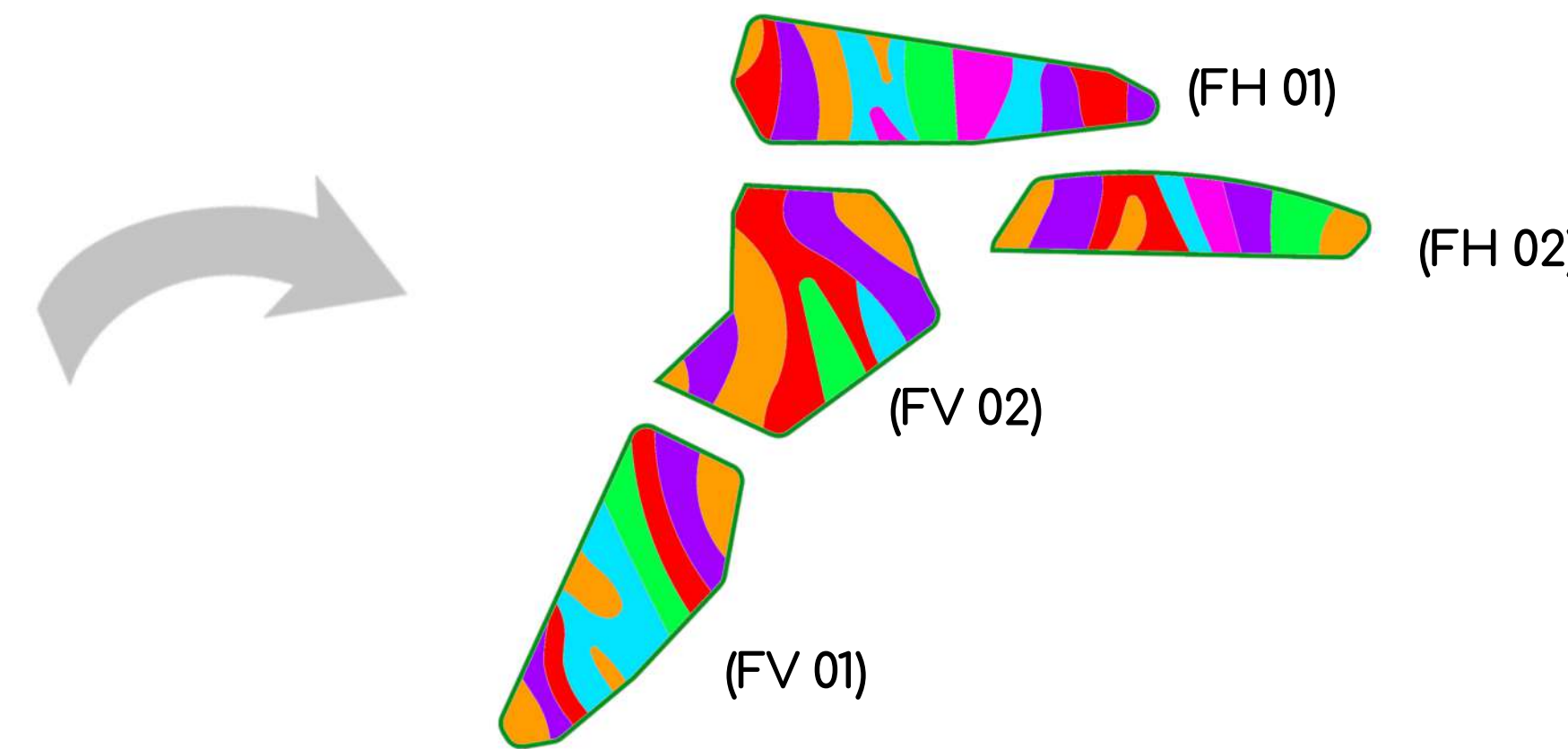
Pontederia cordata
(Rainha-dos-lagos)



Echinodorus grandiflorus
(Chapéu-de-couro)



Arranjo das plantas nos Jardins Filtrantes



Representação esquemática de um Jardim Filtrante

D1



Vista 1 - Espaço árvore de sensações



Vista 2 - Jardins Filtrantes

A RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DAS MARGENS DO RIACHO DO CAVOUÇO NÃO SÓ CRIA ESPAÇOS AGRAVÁVEIS PARA AS PESSOAS, MAS TAMBÉM PROPORCIONA O SURGIMENTO DE HABITATS PARA A FAUNA E FLORA TÍPICAS DESSE AMBIENTE.

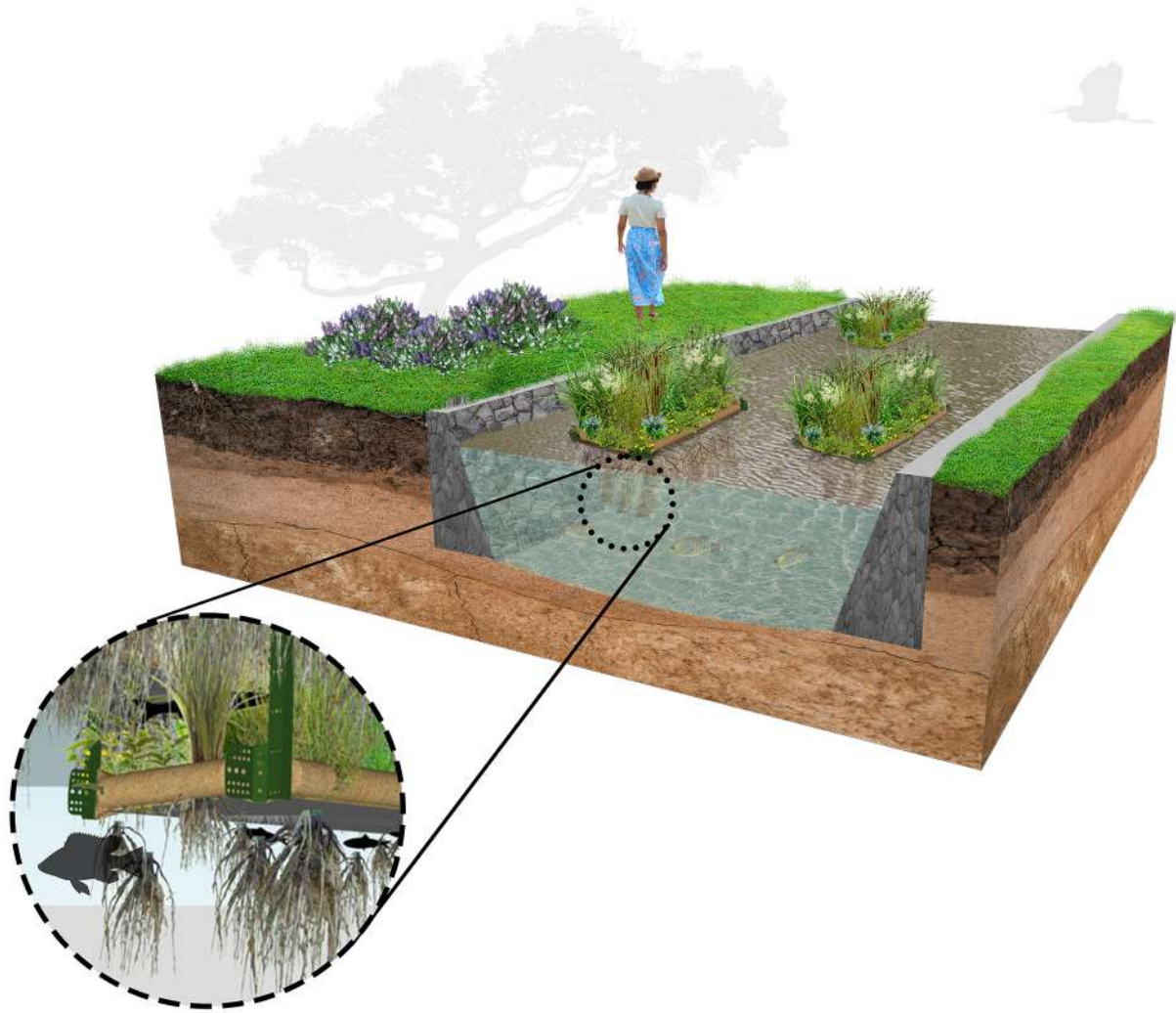


Vista 3 - Margens revitalizadas do Cavouco

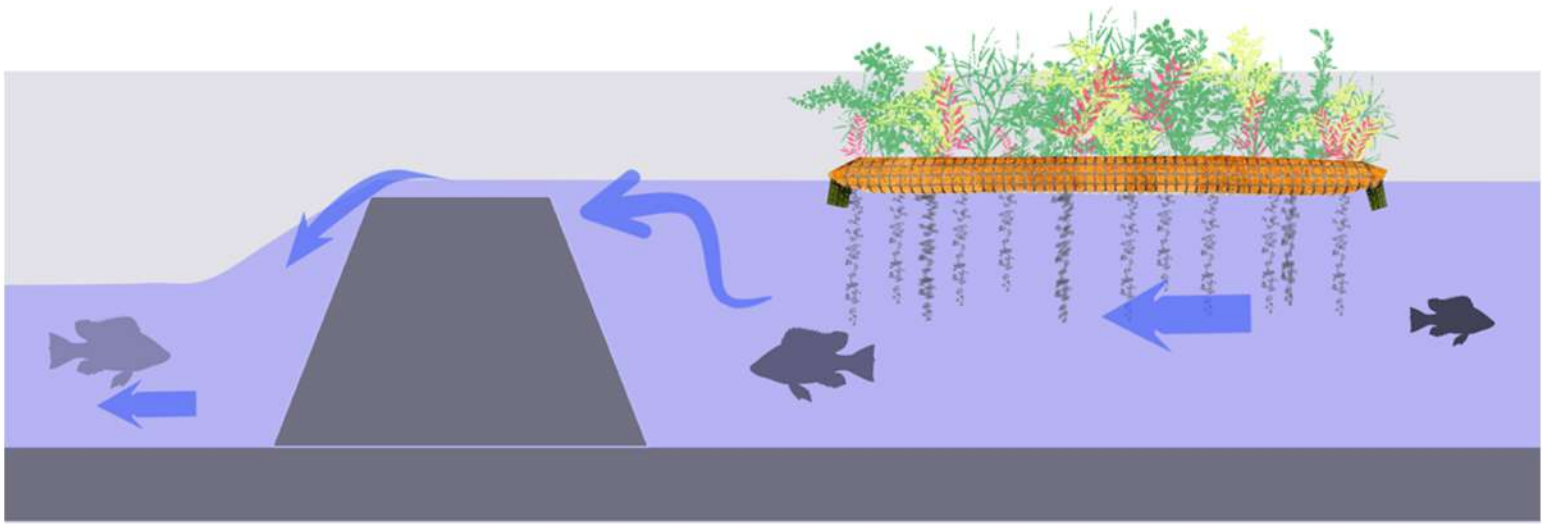
ECOSSISTEMAS FLUTUANTES



AO LONGO DO LEITO CANALIZADO DO RIACHO DO CAVOUÇO, SERÃO INSTALADAS BALÇAS E MARGENS FLUTUANTES, QUE ABRIGARÃO PLANTAS CAPAZES DE FILTRAR, POR MEIO DE SUAS RAÍZES, OS POLUENTES PRESENTES NA ÁGUA DO RIACHO. ESSAS ESTRUTURAS SÃO COMPOSTAS POR TRÊS NÍVEIS: SISTEMAS DE PLANTAS, SISTEMA FLUTUANTE E SISTEMA DE RAÍZES. NO ENTANTO, DEVIDO AO ASSOREAMENTO DO RIACHO, SERÁ NECESSÁRIO CRIAR VOLUME DE ÁGUA SUFICIENTE PARA GARANTIR A EFETIVIDADE DESSES MEIOS DE FILTRAGEM. PARA ISSO, SERÃO UTILIZADAS ESTRUTURAS DE CONCRETO DENTRO DA CALHA DO RIACHO, QUE TERÃO COMO FUNÇÃO REPRESAR PARTE DA ÁGUA, PARA QUE ASSIM SEJA POSSÍVEL VIABILIZAR TAL INTERVENÇÃO.



OS ECOSSISTEMAS FLUTUANTES, COMPOSTOS POR PLANTAS E RAÍZES, NÃO SÓ AJUDAM A RECUPERAR A QUALIDADE DA ÁGUA, MAS TAMBÉM FORNECEM ABRIGO PARA DIVERSAS FORMAS DE VIDA.



SISTEMAS DE PLANTAS



SISTEMA FLUTUANTE



SISTEMA DE RAÍZES



Vista 1 - Pátio para exposição



Vista 2 - Espaço lazer biblioteca

ESPÉCIES SELECIONADAS



Libidibia ferrea
(Pau-ferro)



Muntingia calabura
(Calabura)



Delonix regia
(Flamboyant)



Eugenia sulcata
(Pitanga-Preta-da-Restinga)



Acrocomia aculeata
(Palmeiras de
Macaúba-barriguda)

APÊNDICES

Resultado parcial das análises físico-químicas das amostras d'água coletadas no Riacho do Cavouco.

Recife, 24/09/2021

Chegada das amostras no laboratório: 27/05/2021.

RESULTADO PARCIAL DAS ANÁLISES

Parâmetro	Amostra		
	P1	P2	P3
Temperatura (°C)	22,4	22,3	22,4
pH	7,83	6,99	7,17
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1501	742	810
OD ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$)	8,69	5,50	3,00
ORP (mV)	191,9	171,3	70,5
DQO ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$)	28	78	74
Minerais (mg L^{-1})	P1	P2	P3
Al	0,67	0,44	0,64
Ca	17	14	29
Cd	< 0,0017	< 0,0017	< 0,0017
Co	0,0043	0,0057	0,0067
Cr	< 0,0021	0,0023	0,0037
Cu	0,014	< 0,0054	< 0,0054
Fe	0,85	0,50	0,82
K	11	7,8	12
Mg	8,6	6,8	11
Mn	0,056	0,079	0,23
Mo	< 0,0090	0,0090	< 0,0090
Na	133	38	59
Ni	< 0,0087	< 0,0087	< 0,0087
P	0,35	0,90	1,1
Pb	< 0,016	< 0,016	< 0,016
S	1,3	9,3	14
Zn	< 0,018	0,018	0,023

Legenda: OD – Oxigênio dissolvido; ORP – Potencial redox; DQO – Demanda química de oxigênio.