



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**IZABELA GOUVEIA FLOR**

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
DRENAGEM DE BAIXO IMPACTO DENTRO DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2024**

IZABELA GOUVEIA FLOR

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
DRENAGEM DE BAIXO IMPACTO DENTRO DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
curso de graduação em Engenharia Ambiental no  
campus I da Universidade Federal da Paraíba  
como requisito final para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Gustavo Barbosa Lima da Silva

JOÃO PESSOA-PB

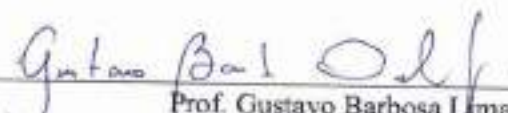
2024

## FOLHA DE APROVAÇÃO

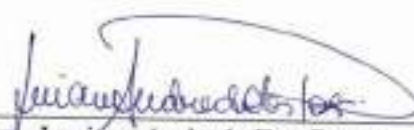
IZABELA GOUVEIA FLOR

### IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DRENAGEM DE BAIXO IMPACTO DENTRO DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de conclusão de curso apresentado em 11/10/2024 perante a seguinte banca avaliadora:

  
Prof. Gustavo Barbosa Lima da Silva  
Orientador  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - DECA - CT

APROVADO

  
Prof. Dra. Luciana Andrade Dos Passos  
Examinadora  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU - CT

APROVADA

  
Prof. Dra. Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga  
Examinadora  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - DECA - CT

APROVADO

  
Prof. Dra. Aline Flávia Nunes Remigio Antunes  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - DECA - CT  
Coordenadora do curso

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

F632i Flor, Izabela Gouveia.

Identificação de áreas potenciais à aplicação de técnicas de drenagem de baixo impacto dentro do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba / Izabela Gouveia Flor. - João Pessoa, 2024.  
126 f. : il.

Orientação: Gustavo Barbosa Lima Silva.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Drenagem Urbana Sustentável. I. Silva, Gustavo Barbosa Lima. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 504(043.2)

*In memoriam*, dedico este trabalho ao meu avô, que intercede por mim e pelos meus caminhos diariamente junto à Maria. Te amo, com amor, carinho e eternas saudades.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e à Maria por intercederem nos meus caminhos e me darem a fé e a força necessária para seguir perante as dificuldades da vida.

Agradeço à minha família que me incentivou a ingressar no curso e se esforçou junto a mim para que eu permanecesse na jornada, compreendendo ainda os momentos de reclusão e dedicação aos estudos necessários ao longo da graduação.

Em especial deixo registrado minha imensa gratidão ao meu tio e padrinho Antônio Gouveia Neto, a minha mãe, Maria Lucineide Gouveia, a minha tia Maria Antonieta Gouveia, a minha avó Maria das Mercês e ao meu padrasto Péricles Gomes Martins, amo vocês!

Agradeço a todos os brilhantes professores que me encheram os olhos sobre a beleza e a importância do curso, me fazendo ter a certeza de que estava no caminho certo mesmo em momentos de incerteza. Vocês ajudaram a construir a pessoa que sou hoje, seus ensinamentos vão muito além dos portões da universidade!

Agradeço a todos que trabalham comigo na SUDEMA, em especial na DIAT, vocês deixam meus dias mais leves e divertidos, me ensinam diariamente a ser uma profissional melhor. Agradeço aos meus amigos da vida acadêmica e aqueles que adquiri fora dela, minha vida sem vocês é sem graça. Agradeço em especial a Luana Melo e sua energia contagiante, a Andoni Brenner e a perfeição que busca em tudo que faz, a Iasmim Karolina e seu jeito único de lidar com as situações da vida, a Higor Dobrões, o meu amigo de mais longa data e Derraira Liane em quem eu me espelho, e puxa minhas orelhas de vez em quando, carrego um pouquinho de vocês comigo.

Agradeço ao meu amor, José Emerson, você se tornou meu porto seguro, meu amigo, meu abrigo e meu confidente, esteve comigo nos momentos bons e ruins, me apoiando, motivando, consolando e comemorando comigo, que possamos comemorar muito mais. Te amo!

## RESUMO

É crescente a preocupação em ser sustentável, esse pensamento está alinhado com a necessidade de utilizar os recursos naturais de forma mais eficiente e garantir sua quantidade e qualidade suficiente para as gerações futuras. O processo de urbanização cada vez mais acelerado impacta diretamente o ciclo hidrológico que consequentemente provoca inúmeros prejuízos à sociedade tais como aumento das ilhas de calor, aumento do risco de alagamentos, e inundações além de prejuízo aos níveis dos lençóis freáticos e qualidade dos rios. A drenagem urbana sustentável desempenha um papel importante, principalmente em grandes centros urbanos, nos aspectos referentes à gestão, quantidade e qualidade desse recurso. O presente estudo tem como objetivo identificar áreas no Centro de Tecnologia do campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) que possuam potencial à aplicação de técnicas de drenagem urbana sustentável de baixo impacto, áreas que já possuam a presença delas e os aspectos positivos e negativos que cada uma apresenta. Para a proposição foi realizada uma revisão bibliográfica dentro das plataformas Google Acadêmico, Repositório UFPB, Periódicos Capes, nos idiomas inglês, português e espanhol, onde foi possível identificar as sete técnicas de drenagem urbana de baixo impacto mais relevantes na atualidade, sendo elas: Sistemas de Aproveitamento de água Pluvial, Jardim de Chuva, Trincheira de Infiltração, Poço de Infiltração, Pavimento Permeável, Telhado Verde e Áreas Verdes. A partir disso, questionamentos foram elaborados com base nos critérios técnicos encontrados na literatura e aplicados através de um fluxograma de decisão para identificar se a técnica é viável de ser implementada na localidade estudada. Ao todo foram identificadas 79 localidades aptas a receber essas técnicas de drenagem sustentável e apenas 03 localidades possuem alguma técnica já implementada.

**Palavras chave:** Drenagem; Urbanização; Sustentabilidade; Baixo impacto.

## **ABSTRACT**

The concern about being sustainable is growing, and this mindset is aligned with the need to use natural resources more efficiently and ensure their sufficient quantity and quality for future generations. The increasingly rapid urbanization process directly impacts the hydrological cycle, consequently causing numerous damages to society, such as the increase in heat islands, the rise in the risk of floods and inundations, as well as harm to groundwater levels and river quality. Sustainable urban drainage plays an important role, especially in large urban centers, in aspects related to the management, quantity, and quality of this resource. The present study aims to identify new areas that are conducive to the application of sustainable urban drainage techniques, areas that already have these techniques, and the positive and negative aspects that each presents. The proposal was made for the Center for Technology, campus I of the Federal University of Paraíba. To achieve this, a bibliographic review was initially conducted on the platforms Google Scholar, UFPB Repository, Capes Journals, in English, Portuguese, and Spanish, where it was possible to identify the seven most relevant techniques today: Rainwater Harvesting Systems, Rain Gardens, Infiltration Trenches, Infiltration Wells, Permeable Pavements, Green Roofs, and Green Areas. Based on this, questions were elaborated based on the technical criteria found in the literature and applied through a decision flowchart to identify if the technique is viable to be implemented in the studied location. In total, 79 locations were identified as suitable for receiving these sustainable drainage techniques, and only 03 locations already have some technique implemented.

**Keyword:** Drainage; Urbanization; Sustainability; Low impact.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01: Mapa da área de atuação dos Comitês de Bacias da Paraíba.....                                                               | 26 |
| Figura 02: Fluxograma das divisões da drenagem urbana no que compete medidas estruturais e não-estruturais.....                        | 30 |
| Figura 03: Fluxograma: Esquema de distinções dos sistemas de soluções baseadas na natureza.....                                        | 34 |
| Figura 04: Esquema de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.....                                                              | 38 |
| Figura 05: Sistema de aproveitamento de água já em funcionamento em residência de estudantes do Instituto Politécnico de Bragança..... | 38 |
| Figura 06: Esquema de estrutura de um telhado verde.....                                                                               | 39 |
| Figura 07: Célula teste de um telhado verde implementado na Faculdade Evangélica de Goianésia.....                                     | 40 |
| Figura 08: Esquema de um poço de infiltração.....                                                                                      | 40 |
| Figura 09: Etapas de implementação do poço de infiltração dentro do campus da UFSCar....                                               | 41 |
| Figura 10: Esquema de uma trincheira de infiltração.....                                                                               | 42 |
| Figura 11: Etapas de construção de uma trincheira de infiltração.....                                                                  | 42 |
| Figura 12: Corte esquemático de um Jardim de chuva.....                                                                                | 43 |
| Figura 13: Jardim de chuva piloto instalado na Universidade Federal de Pernambuco.....                                                 | 43 |
| Figura 14: Representação esquemática de pavimentos permeáveis.....                                                                     | 44 |
| Figura 15: Funcionamento dos pavimentos permeáveis.....                                                                                | 44 |
| Figura 16: Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados na busca dos artigos.....                                               | 46 |
| Figura 17: Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados para a proposta inicial da localização das técnicas.....                | 46 |
| Figura 18: Mapa de localização do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba..                                            | 48 |
| Figura 19: Mapa de solos do município de João Pessoa.....                                                                              | 49 |
| Figura 20: Mapa de declividade e delimitação das subáreas do Centro de Tecnologia da UFPB.....                                         | 50 |
| Figura 21: Fluxograma aplicado para definição de aplicabilidade das técnicas.....                                                      | 60 |
| Figura 22: Subdivisões da área de estudo.....                                                                                          | 61 |
| Figura 23: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 01.....                                                     | 69 |
| Figura 24: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 02.....                                                     | 71 |
| Figura 25: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 03.....                                                     | 74 |
| Figura 26: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 04.....                                                     | 77 |
| Figura 27: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 01/02.....                                               | 81 |
| Figura 28: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 02/02.....                                               | 82 |
| Figura 29: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 06.....                                                     | 85 |
| Figura 30: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 07.....                                                     | 89 |
| Figura 31: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 08.....                                                     | 93 |

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 32: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 09.....                                                      | 96  |
| Figura 33: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 10.....                                                      | 98  |
| Figura 34: Identificação de pavimento permeável na subárea 07.....                                                                      | 99  |
| Figura 35: Identificação de tubulações para coleta e direcionamento do escoamento.....                                                  | 99  |
| Figura 36: Identificação de tubulações para coleta e direcionamento do escoamento<br>direcionado a estrutura com material granular..... | 100 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 01: Aspectos positivos da drenagem urbana convencional em comparação à drenagem sustentável..... | 30 |
| Quadro 02: Aspectos negativos da drenagem urbana convencional em comparação à drenagem sustentável..... | 31 |
| Quadro 03: Principais técnicas de drenagem, seus conceitos e características.....                       | 36 |
| Quadro 04: Requisitos estabelecidos por técnica.....                                                    | 52 |
| Quadro 05: Descritivo das subáreas de estudo.....                                                       | 61 |
| Quadro 06: Quantitativo das técnicas por subárea.....                                                   | 64 |
| Quadro 07: Aplicação do fluxograma para a subárea 01.....                                               | 65 |
| Quadro 08: Aplicação do fluxograma para a subárea 02.....                                               | 69 |
| Quadro 09: Aplicação do fluxograma para a subárea 03.....                                               | 72 |
| Quadro 10: Aplicação do fluxograma para a subárea 04.....                                               | 75 |
| Quadro 11: Aplicação do fluxograma para a subárea 05.....                                               | 78 |
| Quadro 12: Aplicação do fluxograma para a subárea 06.....                                               | 83 |
| Quadro 13: Aplicação do fluxograma para a subárea 07.....                                               | 86 |
| Quadro 14: Aplicação do fluxograma para a subárea 08.....                                               | 90 |
| Quadro 15: Aplicação do fluxograma para a subárea 09.....                                               | 94 |
| Quadro 16: Aplicação do fluxograma para a subárea 10.....                                               | 97 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas  
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
ARPB - Agência Reguladora da Paraíba  
AV - Áreas Verdes  
BMP - *Best Management Practices*  
CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba  
CBH-PB - Comitê da bacia hidrográfica do rio Paraíba  
CBH-LN - Comitê da bacia hidrográfica do litoral norte  
CBH-LS - Comitê da bacia hidrográfica do litoral Sul  
CBH-PPA - Comitê da bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu  
CMJP - Câmara Municipal de João Pessoa  
CMMAD - Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento  
COP - *Conference of the Parties*  
CT - Centro de Tecnologia  
E - Medidas Estruturais  
EI - Medidas Estruturais Intensivas  
EE - Medidas Estruturais Extensivas  
ECO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
GI - *Green Infrastructure*  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPEA - Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada  
JDC - Sistema de Biorretenção Jardins de Chuva  
Ksat - Condutividade hidráulica saturada  
LID - *Low Impact Development*  
LIUDD - *Impact Urban Design And Development*  
NBS - *Natural Based Solutions*  
NE - Medidas Não Estruturais  
MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima  
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa

PI - Poço de Infiltração

PP - Pavimento Permeável

PVC - Policloreto de vinila

SAAP - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

SCIELO - *Scientific Electronic Library Online*

SEIRH - Secretaria de Estado da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SMDU - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

SUDERHSA - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano

SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems*

TI - Trincheiras

TV - Telhado Verde

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

UNCDE - *United Nations Conference on Environment and Development*

UNEP - Confederação das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano

WSUD - *Water Sensitive Urban Design*

## SUMÁRIO

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                    | <b>16</b> |
| <b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>                                                                 | <b>19</b> |
| <b>3 OBJETIVOS.....</b>                                                                     | <b>20</b> |
| <b>3.1 Geral.....</b>                                                                       | <b>20</b> |
| <b>3.2 Específicos.....</b>                                                                 | <b>20</b> |
| <b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                                                         | <b>20</b> |
| <b>4.1 Urbanização.....</b>                                                                 | <b>20</b> |
| <b>4.2 Desenvolvimento Sustentável.....</b>                                                 | <b>21</b> |
| <b>4.4 Âmbitos legislativos sobre a drenagem urbana e saneamento básico.....</b>            | <b>23</b> |
| 4.4.1 A drenagem urbana como parte integrante do saneamento básico.....                     | 23        |
| 4.4.2 A drenagem urbana no âmbito federal.....                                              | 24        |
| 4.4.3 A drenagem urbana no âmbito estadual.....                                             | 25        |
| 4.4.4 A drenagem urbana no âmbito municipal.....                                            | 26        |
| <b>4.5 Impactos Socioambientais no contexto da drenagem urbana.....</b>                     | <b>27</b> |
| <b>4.6 Drenagem urbana: Abordagem convencional e de baixo impacto.....</b>                  | <b>28</b> |
| 4.6.1 Serviços ecossistêmicos e a drenagem urbana.....                                      | 31        |
| <b>4.7 A drenagem urbana de baixo impacto.....</b>                                          | <b>32</b> |
| 4.7.1 Padronização da nomenclatura e conceitos.....                                         | 32        |
| 4.7.2 Classificação das infraestruturas da drenagem urbana.....                             | 34        |
| 4.7.3 Técnicas Existentes.....                                                              | 35        |
| <b>5 METODOLOGIA.....</b>                                                                   | <b>45</b> |
| <b>5.1 Delimitação, caracterização e quantificação das subáreas de estudo.....</b>          | <b>47</b> |
| <b>5.2 Critérios recomendados à adoção das diferentes técnicas apresentadas.....</b>        | <b>51</b> |
| 5.2.1 Definições dos critérios finais utilizados para o estudo das áreas adequadas.....     | 53        |
| <b>5.3 Aplicabilidade dos critérios no fluxograma para aplicabilidade das técnicas.....</b> | <b>58</b> |
| <b>5.4 Construção e definição dos cenários e áreas a serem aplicadas no fluxograma....</b>  | <b>60</b> |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                        | <b>63</b> |
| <b>6.1 Localização das técnicas e aplicação do fluxograma.....</b>                          | <b>65</b> |
| 6.1.1 Subárea 01.....                                                                       | 65        |
| 6.1.2 Subárea 02.....                                                                       | 69        |
| 6.1.3 Subárea 03.....                                                                       | 72        |
| 6.1.4 Subárea 04.....                                                                       | 74        |
| 6.1.5 Subárea 05.....                                                                       | 77        |
| 6.1.6 Subárea 06.....                                                                       | 82        |
| 6.1.7 Subárea 07.....                                                                       | 85        |
| 6.1.8 Subárea 08.....                                                                       | 90        |

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.9 Subárea 09.....                                                                | 94         |
| 6.1.10 Subárea 10.....                                                               | 97         |
| <b>6.2 Técnicas de drenagem urbana já implementadas no Centro de Tecnologia.....</b> | <b>98</b>  |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                   | <b>100</b> |
| <b>7.1 Recomendações para estudos futuros.....</b>                                   | <b>102</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                               | <b>102</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>                                                                | <b>111</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A relação do homem com a natureza evolui diariamente desde as primeiras civilizações. O homem passou de parte integrante da natureza, explicada pela visão holística, para a visão antropocêntrica, onde os interesses humanos estavam acima do cuidado com o meio ambiente. Essa relação evoluiu ao longo do seu desenvolvimento, a forma de se desenvolver também mudou e se tornou cada vez mais acelerada, acentuando ainda mais o ritmo da degradação ambiental, como exemplo, as cidades no período da revolução industrial.

A necessidade do uso da água para sobrevivência nas primeiras civilizações levou ao surgimento das primeiras técnicas e sistemas de drenagem, utilizados majoritariamente para irrigação e proteção, de suas casas e lavouras contra as inundações nas áreas cultivadas (Miguez; Veról; Rezende, 2015). Posteriormente, com o surgimento das cidades e aumento da impermeabilização, a gestão das águas nos centros urbanos passou a ser um problema. Com o crescimento desordenado associado ao aumento da impermeabilização do solo, surgiram vários problemas, dentre eles doenças ligadas ao saneamento básico (Miguez; Veról; Rezende, 2015).

Devido a estas condições durante o período da revolução industrial, emergiu o movimento nomeado como higienista, que foi responsável por buscar a melhoria das condições de saneamento e alertar sobre a importância do cuidado com a saúde pública, consequentemente, essa situação levou ao aprimoramento dos sistemas de drenagem existentes na época. O aprimoramento buscou minimizar principalmente as doenças de veiculação hídrica e tinha como foco principal o afastamento das águas acumuladas o mais breve possível da sociedade, por meio de dispositivos hidráulicos (Pereira, 2021).

Entretanto, como destaca o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2008) em seu boletim regional e ambiental, esses sistemas considerados como uma solução de afastamento, anos depois perderam espaço devido ao alto custo de manutenção e por não terem como prioridade a qualidade da água, saúde pública e também não considerar os impactos causados ao meio ambiente.

Na década de 1970, as primeiras preocupações ligadas ao meio ambiente começaram a ser debatidas mais amplamente e, como resultado, houve a criação do Clube da Roma (Clube da Roma, 1968), pelo qual foi publicado o livro ‘Os limites do crescimento’ (Meadows *et al.*,

1972), onde foram apresentadas preocupações e debates com relação ao ritmo de crescimento e esgotamento dos recursos naturais.

A publicação do livro provocou na sociedade a necessidade de compreender melhor a relação do homem com a natureza e, posteriormente, vários estudos foram elaborados sobre o assunto. No mesmo ano, aconteceu a primeira grande reunião de debate sobre o assunto, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (UNEP), conhecida como Conferência de Estocolmo. Em 1987, o entendimento sobre o termo “Desenvolvimento sustentável” foi fundamentado através do relatório intitulado “O nosso futuro comum” (CETESB, s.d.).

Em anos seguintes, novas convenções aconteceram e acontecem até os dias atuais, tais como a ECO-92 (UNCDE, 1992), sediada na cidade do Rio de Janeiro, Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável Rio+10, sediada em Joanesburgo no ano de 2002 e Rio+20, sediada no Rio de Janeiro no ano de 2012. Também ocorreram as Conferências das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, COP 21, sediada em Paris no ano de 2015, mais recentemente a COP 26, sediada em Glasgow, no ano de 2021 e a conferência sobre a água, sediada em Nova York no ano de 2023.

A visão holística evoluiu e se subdividiu ao longo do tempo e do aumento do conhecimento sobre a relação homem e natureza. Dentre os aspectos e conceitos mais específicos presentes atualmente, está o ecologismo profundo. Atualmente, a visão do homem sobre a natureza e seus recursos vem sendo modificada e apresentam crescentes preocupações relacionadas principalmente à qualidade, gestão e à finitude dos recursos naturais do nosso planeta (Luna *et al.*, 2020). Essa visão do ecologismo profundo consiste no homem passar a compreender que suas ações afetam diretamente o meio em que vivem e que ele (o meio ambiente) precisa estar saudável e equilibrado.

Por mais que o aspecto da drenagem urbana não seja destaque nas conferências nacionais, ela pode ser amplamente associada a demais assuntos que incidem diretamente na drenagem urbana tais como, o desenvolvimento sustentável de cidades e atenção às mudanças climáticas, eventos extremos e saneamento básico.

Dentro dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) presentes na agenda 2030, elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU) encontram-se as metas 6, 11 e 13. A meta 6, intitulada como “água potável e saneamento”, busca garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos. A meta 11, intitulada como

“cidades e comunidades sustentáveis”, almeja tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. E a meta 13, intitulada “ação contra a mudança global do clima”, almeja adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos (Brasil; ONU, 2023)

No Brasil, a drenagem urbana vem ganhando ainda mais destaque devido ao crescente índice de inundações em centros urbanos. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2021, 2.016 municípios, o que equivale a 44,1% dos municípios declarantes, relataram a ocorrência de enxurradas, inundações ou alagamentos na área urbana nos últimos cinco anos, estes dados foram retirados do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (Brasil, 2020).

Buscando mitigar os impactos negativos do crescimento urbano, a drenagem urbana passa a assumir um caráter mais sustentável e imprescindível para o manejo sustentável das águas. Dentre a atual literatura, diversas terminologias são utilizadas para descrever diferentes práticas de manejo sustentável de águas dentro de centros urbanos. Esses conceitos e práticas surgiram a partir do final da década de 1970 e estão sendo aprimorados a cada ano que passa.

Os termos mais comumente utilizados para se referir a drenagem urbana sustentável são Low Impact Development (LID), Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), Green Infrastructure (GI), Best Management Practices (BMPs) entre outros, conforme levantado por Fletcher *et al.* (2015), Li, Xu e Yao (2018) e também por Benedict *et al.* (2006).

A adoção de técnicas de drenagem urbana sustentável pode ser estudada desde escala local até a larga escala, entretanto, quanto maior a escala mais complexo se torna o estudo, principalmente em casos de modelagem, tendo em vista que a calibragem do modelo pode não representar fielmente a realidade, se tornando uma fonte de erro (Chapman; Hall, 2021; 2022).

No Brasil, a adoção dessas técnicas ainda não é realizada em larga escala ou assegurada por legislações específicas que a tornem obrigatória. Sendo assim ela passa a ser pouco utilizada, seja em centros urbanos já consolidados ou pensada em projetos que ainda estejam em fase inicial ou em fase de implementação (Moura, 2004).

Uma parcela das técnicas sustentáveis é adotada para fins de investigação acadêmica, como feito nos estudos de Carmo (2018) e Lopez (2018). Estudos de casos disponíveis no meio digital apresentam em seu conteúdo conceitos, métodos de modelagem, considerações

sobre a adoção das técnicas de drenagem de baixo impacto, estimativas e comparações de custos entre os sistemas convencionais e os sustentáveis, dentre outros aspectos.

Considerando este cenário, o presente estudo buscou realizar um levantamento das técnicas existentes na literatura em atenção à área de estudo localizada na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), analisando de forma preliminar quais técnicas podem se adaptar melhor a realidade do Centro de Tecnologia, bem como quais técnicas de drenagem urbana sustentável já estão implementadas.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O aumento significativo dos eventos extremos de precipitação reforça a importância do debate sobre como a gestão dos recursos hídricos está sendo tratada nas esferas mundial, nacional e regional. A recorrência desses eventos é favorecida por uma combinação de fatores agravantes. Nas grandes aglomerações urbanas ocorre uma maior alteração da bacia hidrográfica através dos seus diferentes usos, impermeabilização e pressão econômica.

O planejamento urbanístico muitas vezes não acompanha esse ritmo de crescimento, o que acaba favorecendo o desordenamento urbano e agrava ainda mais a situação, principalmente durante os eventos chuvosos. Buscando maneiras de mitigar os impactos negativos e socioambientais, a drenagem urbana se apresenta como um importante instrumento de gestão e vem buscando se tornar cada vez mais sustentável e eficiente.

Muito da evolução na temática se dá por estudos acadêmicos que aplicam na prática as técnicas desenvolvidas, adequando e ponderando às realidades locais de cada região. Considerando que a adoção de técnicas sustentáveis se relaciona com diferentes fatores sociais, ambientais, econômicos e políticos, a adoção dessas técnicas é favorecida quando aplicadas em pequena escala. Em sua maioria, elas são aprimoradas por meio de estudos dentro de instituições de ensino para posteriormente serem aplicadas fora do campo acadêmico e contam com um número menor de variáveis.

Pensando nisto, foi apresentado um levantamento das técnicas de drenagem de baixo impacto existentes, com suas definições e diferentes considerações sobre os aspectos físicos e de seus benefícios, buscando fornecer embasamento teórico para as análises e considerações sobre como as técnicas de drenagem urbana sustentáveis de baixo impacto presentes na literatura, internacional e nacional, se adaptam ao território pessoense.

Especificamente com foco principal voltado a como o Centro de Tecnologia, localizado no campus I da UFPB, pode se tornar mais sustentável no manejo da drenagem de águas pluviais. A fundamentação teórica associada ao conhecimento de políticas públicas favorece o entendimento sobre como ocorre a gestão de águas atualmente no campus. Com isso, alternativas de adequação dessas práticas foram propostas, a fim de tornar mais sustentável e eficiente a drenagem da área de estudo por meio da utilização de espaços, estruturas já existentes ou subutilizadas dentro dela.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Desenvolver arcabouço para definição da aplicabilidade de técnicas de drenagem urbana de baixo impacto por meio de um fluxograma de decisão no Centro de Tecnologia do campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

#### **3.2 Específicos**

- a) Identificar quais as técnicas de drenagem urbana de baixo impacto já estão sendo utilizadas;
- b) Identificar áreas que possuam potencial à aplicação de técnicas de drenagem urbana sustentável de baixo impacto;

### **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **4.1 Urbanização**

Os efeitos negativos do processo crescente de urbanização fornecem pauta para debates na área da drenagem urbana sustentável, um deles é como a urbanização sobrecarrega os sistemas de drenagem urbana existentes e quais são seus impactos no meio ambiente. Como apontado no manual de drenagem urbana do estado do Paraná, alguns desses impactos são o aumento das vazões máximas, aumento da geração de sedimentos, piora da qualidade

das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, aumento no número de enchentes, tanto urbanas quanto ribeirinhas, redução da infiltração das águas no solo e como consequência, a diminuição dos níveis dos lençóis freáticos e também a substituição da camada de vegetal natural ocasionando a redução da evapotranspiração (SUDERHSA, 2002) e da interceptação vegetal, o que acaba alterando todo o ciclo hidrológico.

O processo de urbanização impacta também no clima local ou microclima. Um desses impactos é o aumento da temperatura, principalmente naquelas áreas onde a urbanização é mais intensa (SUDERHSA, 2022), muitas vezes, ocasionando ilhas de calor (Ariza *et al.*, 2019). O município de João Pessoa possui uma área territorial de 210,044 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022) da qual 110,82 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019) é urbanizada atualmente, o que representa aproximadamente 52,76% de todo o seu território.

Para Dias e Antunes (2011), os problemas decorrentes da falta de planejamento nos processos de urbanização acentuam os problemas que as grandes cidades vêm enfrentando atualmente. O processo de urbanização das cidades ocorre de forma desordenada, acelerada e o planejamento dos centros urbanos não acompanha o ritmo de urbanização. Meller, Dresch e Darongo (2014), complementam o pensamento de Dias e Antunes (2011), afirmando que os sistemas de drenagem existentes não comportam o ritmo de crescimento. O que também reafirma o pensamento de Pereira, Chapman e Hall (2021; 2022), sobre a importância do desenvolvimento de uma drenagem urbana mais sustentável.

Um pensamento crítico e importante é o destacado no livro cidades sustentáveis, onde os cenários urbanos mais degradadores e foco dos desafios são os que se apresentam com maior potencial para o desenvolvimento sustentável (Leite; Awad, 2012). Segundo os autores, isso se deve ao processo necessário de reinvenção das cidades e uma maior concentração de tecnologia, inovação e conhecimento que elas possuem.

## **4.2 Desenvolvimento Sustentável**

Segundo o relatório ‘Nosso futuro comum’ (1987), elaborado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), vinculada à ONU, o desenvolvimento sustentável é definido como aquele capaz de atender as necessidades da geração presente e também das futuras sem comprometer o estoque dos recursos naturais. Entretanto, no relatório não se especifica quais são as necessidades apontadas.

Ainda no documento, é alertado sobre as muitas interpretações que existem, mas que terão ainda sim o mesmo conceito base, o que é retratado atualmente. Conforme destacado por Mikhailova (2004) essa amplitude do conceito inicial proporcionou que o termo fosse adotado de forma errônea por diferentes atividades. Visando minimizar o entendimento errôneo sobre a definição de desenvolvimento sustentável, o conceito de desenvolvimento foi reformulado no ano de 2002.

O desenvolvimento sustentável se baseia em três pilares já conhecidos, o ambiental, o social e o econômico. Para Arantes (2019) o pilar da cultura também é parte integrante e essencial do desenvolvimento sustentável, somado ainda a opinião de Sachs (2008) que adiciona mais dois pilares, o territorial e o político. O pilar territorial se relaciona com a distribuição espacial de recursos, pessoas e atividades. O político é visto como instrumento de governança necessário ao desenvolvimento. O cultural busca reconhecer o quanto a cultura de um local pode ser aliada ou não do desenvolvimento sustentável. Pode-se concluir que a integração de ambos os pilares é a melhor forma de buscar o desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável ganhou destaque dentro da Agenda 21, onde, para diferentes setores, foram apontadas as suas respectivas prioridades. Associando algumas das diretrizes da Agenda 21 com as opiniões de Sachs (2008) e Arantes (2019) já levantadas temos que, para o pilar da economia, é sugerido fazer uso eficaz dos mercados e instrumentos econômicos e de outros incentivos. Para o pilar social, destaca-se a necessidade de implementar programas ambientais e de desenvolvimento ao nível local, levando em consideração as tendências e fatores demográficos e também, desenvolver e disseminar o conhecimento relativo aos vínculos entre as tendências e fatores demográficos e o desenvolvimento sustentável.

Para os pilares cultural, político e territorial sugere-se respectivamente o uso eficaz dos mercados e instrumentos econômicos e de outros incentivos, o desenvolvimento de políticas nacionais e estratégias para incentivar mudanças nos padrões de consumo insustentáveis e o estímulo de atividades de construção sustentáveis para incentivar a provisão integrada da infraestrutura ambiental.

#### **4.4 Âmbitos legislativos sobre a drenagem urbana e saneamento básico**

#### 4.4.1 A drenagem urbana como parte integrante do saneamento básico

A infraestrutura ambiental consiste nos serviços públicos de saneamento básico regulamentados pela Lei Federal n.º 11.445/2007, atualizada pela Lei n.º 14.026/2020 e conhecida como a política nacional do saneamento básico. No inciso III do art. 2º, especifica-se que os serviços públicos que constituem o saneamento básico são o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente (Brasil, 2007).

O inciso IV, ainda no art. 2º complementa que, para áreas urbanas é regulamentado ainda a disponibilidade e serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado (Brasil, 2007).

Ainda na política de saneamento, na alínea d, inciso I, art. 3º, entende-se como parte integrante da infraestrutura de drenagem urbana e manejo das águas pluviais urbanas toda a infraestrutura e instalações operacionais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias bem como para o tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (Brasil, 2007).

A política federal, aborda ainda no inciso II do art. 8º, que os consórcios intermunicipais de saneamento básico terão como objetivo, exclusivamente, o financiamento da implantação das infraestruturas de saneamento básico (incluindo a drenagem e manejo de águas pluviais) bem como, em seu art. 29º, que regulamenta a cobrança por tais serviços e seu art. 39º que diferencia a cobrança por tais serviços de acordo com alguns fatores (Brasil, 2007), como:

- Percentuais de impermeabilização;
- Existência de dispositivos de drenagem e manejo;
- Nível de renda da população da área atendida;
- Características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas;

#### 4.4.2 A drenagem urbana no âmbito federal

Outra legislação importante em nível federal é a Lei n.º 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, que estabelece a política nacional de recursos hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Por mais que não conste especificidades sobre a drenagem urbana nesta lei, é importante destacá-la, pois em seus artigos é possível realizar associações com a temática (Brasil, 1997).

Na redação da Lei das Águas, está prevista a gestão descentralizada (Art. 1º) e integrada à gestão ambiental (Art. 3º, inciso III) para a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, o incentivo e promoção à captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (Art. 2º, incisos III e IV) (Brasil, 1997).

Esses artigos da lei podem ser associados com a crescente notificação dos municípios sobre a ocorrência de enxurradas, inundações ou alagamentos na área urbana nos últimos cinco anos (PLANSAB, 2020) e com os resultados esperados obtidos através da adoção das técnicas de drenagem mais sustentáveis como exposto por (Zuquette *et al.*, 2022) em seu levantamento sobre os principais sistemas de drenagem sustentáveis e as suas características básicas.

O Art. 3º, inciso II da lei das águas, especifica que deve ocorrer adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País. Para isso, é previsto que o plano de gestão contenha uma análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo (Art. 7º, inciso II) (Brasil, 1997).

Fica instituído ainda em seu Art. 33º, inciso III, a integração dos Comitês de Bacia Hidrográfica no SINGREH (Brasil, 1997). Essas ações, previstas na lei, são de competência conjunta dos estados com a União (Art. 4º) através dos instrumentos instituídos pelo artigo seguinte. Conforme Art. 8, esses planos devem ser elaborados tanto estadual quanto nacionalmente.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), criada através da Lei n.º 9.984/2000 é a agência nacional reguladora responsável por cumprir o estabelecido na política nacional do saneamento e pelo novo marco legal do saneamento, para fornecer apoio aos órgãos gestores estaduais e instalação de comitês e agências de bacias (ANA, 2023).

#### 4.4.3 A drenagem urbana no âmbito estadual

A lei que regulamenta a política estadual de saneamento básico na Paraíba é a Lei n.º 9.260/2010, que institui princípios e diretrizes para a gestão de serviços públicos, define alguns termos tais como, gestão associada, controle social, localidades de pequeno porte bem como consórcio, convênio e contrato. As definições apresentadas na Lei, são base para a aplicação da política estadual e entendimento de seus níveis organizacionais (Paraíba, 2010).

No estado, a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA), criada pela Lei nº 7.779, de 07 de setembro de 2005, é a autarquia responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos. A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), detém a competência para operacionalizar os serviços de saneamento em alguns municípios por meio do regime de concessão. A coordenação e regulação da Agência Reguladora da Paraíba (ARPB) é responsável ainda pelo regime de delegação dos serviços. Podendo ainda o estado em alguns casos, visando maior abrangência e qualidade, assumir por meio da Secretaria de Estado da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos (SEIRH) a prestação de tais serviços (Paraíba, 2010).

O plano estadual é fundamental para direcionar a elaboração dos planos regionais e municipais de saneamento básico, especificando os principais aspectos a serem abordados no conteúdo do documento, bem como os direitos e deveres de cada parte (Paraíba, 2010). Na Paraíba, 36,9% dos municípios enfrentam dificuldade na gestão de suas águas pluviais, pois não possuem nenhum sistema de drenagem (SNIS, 2020).

A AESA é responsável por articular e operacionalizar as propostas elaboradas pelo comitê de bacias hidrográficas do estado. O estado conta com quatro comitês, o comitê da bacia hidrográfica do rio Paraíba (CBH-PB), o do litoral norte (CBH-LN) e o do Litoral Sul (CBH-LS) e um de domínio federal, o comitê da bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu (CBH-PPA) conforme ilustrado na figura 01 a seguir.

Figura 01: Mapa da área de atuação dos Comitês de Bacias da Paraíba.



Fonte: AESA; CBHs, 2020.

#### 4.4.4 A drenagem urbana no âmbito municipal

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é regulamentado através da lei complementar n.º 93/2015 e foi elaborado no ano de 2015 de forma bastante completa. O documento aborda diversos aspectos do município, desde a caracterização do município até aspectos mais específicos como caracterização das condições das áreas, bacias hidrográficas, usos da terra, pontos críticos e problemas relacionados à temática. Entretanto, não demonstra mais informações sobre as demais legislações pertinentes (João Pessoa, 2015).

No conteúdo do plano de saneamento é possível perceber que o município na época já enfrentava diversas dificuldades na gestão das águas pluviais e, prevê em seu escopo um quadro de ações para alcançar a solução de tais dificuldades (João Pessoa, 2015). Como solução, é apresentada a adoção de medidas estruturais (E) e não estruturais (NE). Posteriormente, tais abreviaturas serão novamente utilizadas.

Atualmente, o plano diretor de saneamento, encontra-se em processo de revisão segundo a Câmara Municipal de João Pessoa (João Pessoa, 2023). A revisão que deveria ter ocorrido no ano de 2018 acabou sendo adiada até este ano. O Plano, é dividido em quarenta e quatro capítulos que abordam desde a caracterização do município até procedimentos, custos, indicadores, recursos e as divisões dos serviços de saneamento básico.

No presente no Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSB), a elaboração de um plano diretor específico para drenagem do município se configura como uma medida não estrutural ao município, essencial para buscar mitigar os problemas com a drenagem urbana do município na época, entretanto, até a presente data, não possui tal documento.

#### **4.5 Impactos Socioambientais no contexto da drenagem urbana**

O desenvolvimento sustentável tem influência independente de seu aspecto. Existem impactos positivos e negativos, com implicação em diferentes escalas geográficas, refletindo a nível local, regional e global. A busca pela drenagem urbana sustentável de baixo impacto através das técnicas sustentáveis, almeja maximizar os efeitos positivos e mitigar os efeitos negativos, favorecendo os processos ecossistêmicos através da imitação do ciclo hidrológico.

O aumento da impermeabilização dos grandes centros urbanos proporciona o aumento do escoamento superficial. O aumento dos níveis de urbanização, principalmente em centros que possuem muitos poluentes atmosféricos, também piora a qualidade da água, uma vez que essa água segue seu curso natural de infiltrar, evaporar ou desaguar em um corpo hídrico mais próximo, sem o tratamento adequado. O aumento dos eventos extremos favorece, principalmente em áreas suscetíveis, à ocorrência de riscos socioambientais. Outros impactos negativos relacionados à drenagem urbana são a perda econômica, social e riscos à saúde (Santos; Martins Formiga; Ferreira, 2020) agravados, principalmente em eventos hidrometeorológicos extremos.

Como aponta Chapman e Hall (2021; 2022), a escolha das técnicas de drenagem também deve considerar seu impacto na dinâmica do escoamento. A opinião de que é possível reduzir as emissões de gases de efeito estufa através do gerenciamento das águas pluviais (Marko *et al.*, 2021) corrobora com Ferrans *et al.* (2022; 2023), que considera a capacidade da drenagem urbana sustentável de refletir nos impactos percebidos das mudanças climáticas. Dos impactos positivos citados na literatura temos ainda a possibilidade de criação de habitats (Sagala, 2022; Ellis *et al.*, 2016).

#### **4.6 Drenagem urbana: Abordagem convencional e de baixo impacto**

A drenagem urbana convencional adotada possui reflexos da fase higienista, que foi muito fortalecida durante o período da revolução industrial e, no Brasil, esses reflexos ainda são perceptíveis. Nesta fase, buscava-se o mais breve possível captar, conduzir e destinar os efluentes urbanos (Miguez; Veról; Rezende, 2015) para longe dos centros urbanos, essas soluções foram nomeadas de soluções de afastamento (IPEA, 2022).

O sistema convencional, também nomeado por alguns autores como sistema tradicional, é constituído por dois tipos principais de redes de drenagem, a microdrenagem, a macrodrenagem (Fröhlich, 2019; Santos; Martins Formiga; Ferreira, 2020; Galdino, 2022).

A microdrenagem é o sistema inicial de coleta de águas, é geralmente associado como um sistema mais local, ele é responsável por coletar e conduzir as águas, muitas vezes através do favorecimento da topografia local. A estrutura desse sistema é composta principalmente por galerias, bocas de lobo e sarjetas, podendo possuir demais elementos necessários, ambos associados ao sistema viário (Bidone; Tucci, 1995 *apud* Pereira, 2021).

Por sua vez, o sistema de macrodrenagem é responsável por coletar as águas advindas da microdrenagem. Esses sistemas, possuem uma área de abrangência maior, geralmente constituem toda uma bacia hidrográfica e seus canais de condução são de grande porte justamente por serem responsáveis por destinar aos corpos receptores, grandes volumes de águas. Devido ao porte, essas estruturas coletoras são alocadas em fundos de vale (Chernicharo, 1995 *apud* Galdino, 2022) e também podem estar presentes no meio em formas de canais.

Frequentemente, o modelo de drenagem convencional tem a sua capacidade superada, ocasionando inundações e alagamentos. Mesmo sendo projetado para gerenciar todo o volume escoado, a eficiência desses sistemas esbarra nas dificuldades geradas pela urbanização. Índices cada vez mais elevados de impermeabilização do solo, associados ao aumento do volume precipitado, são alguns dos principais desafios que os sistemas enfrentam diariamente.

A drenagem na fonte, foco da abordagem da drenagem urbana sustentável, é quando a destinação da água ocorre no local de geração. Essa drenagem favorece a redução e retenção do volume de água a fim de minimizar a geração do escoamento superficial (Pereira, 2021;

Paraná, 2002). Entretanto, a adoção desse sistema se limita, pois não podem ser adotados em todos os casos e, sua implementação está sujeita às condições do local (Paraná, 2002).

As ações dentro da drenagem urbana são categorizadas em dois principais tipos, as medidas de ações estruturais (E) e aquelas não-estruturais (NE). Entende-se por medidas estruturais aquelas que de fato são obras, voltadas à engenharia, correção de um sistema já existente que busca minimizar os impactos causados por enchentes ou inundações, a título de exemplo (Paraná, 2002).

Segundo o manual de drenagem urbana da região metropolitana de Curitiba, as ações estruturais podem se dividir em estruturas intensivas (EI) ou extensivas (EE), sendo esta última ainda subdividida em mais duas frentes, intensivas e extensivas. As medidas intensivas, são caracterizadas como aquelas que atuam em uma escala menor como, por exemplo, em cursos d'água e nas superfícies (Paraná, 2002).

Dentre quatro subdivisões das medidas estruturais extensivas estão: i) medidas que amortecem e retardam o escoamento; ii) medidas que englobam a introdução de ações individuais; iii) medidas que aceleram o escoamento; iv) medidas de desvio do escoamento (Tucci, 1993 *apud* Meller, Dresch e Darongo 2014). Apenas as duas primeiras medidas serão consideradas adiantes, pois são as que mais se alinham ao esperado de um sistema de drenagem urbana sustentável.

Aliada às medidas estruturais, as ações não estruturais (NE) são aquelas de caráter preventivo e corretivo e, de apoio aos princípios básicos. Como ilustração das medidas inicialmente citadas pode-se destacar a realocação de população em áreas de risco, cumprimento das normas de uso e ocupação do solo, ações de educação ambiental e conscientização. O apoio aos princípios básicos é uma medida de ação não estrutural de caráter mais jurídico, pois aborda principalmente a necessidade da elaboração dos planos diretores de drenagem específicos para cada município, e o estabelecimento de legislações pertinentes (Paraná, 2002).

As explicações acima expostas foram estruturadas em formato de fluxograma para melhor entendimento de como ocorrem as divisões da drenagem urbana no que compete medidas estruturais e não-estruturais.

Figura 02: Fluxograma das divisões da drenagem urbana no que compete medidas estruturais e não-estruturais.



Fonte: Autora, 2024.

Assim como a drenagem convencional, a drenagem sustentável ou de baixo impacto possui muitos pontos positivos e negativos à sua adoção. As tabelas 01 e 02 a seguir foram elaboradas com base no exposto pelos trabalhos de Pereira (2021), Saut *et al.*(2022), Marko *et al.* (2021), Cotterill e Bracken (2020) visando facilitar o entendimento acerca de alguns desses pontos levantados pelos autores.

Quadro 01: Aspectos positivos da drenagem urbana convencional em comparação à drenagem sustentável.

| Aspectos positivos dos modelos de drenagem                                 |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Modelo Convencional                                                        | Modelo Sustentável                                               |
| Sistemas mais padronizados e confiáveis                                    | Favorece o ciclo hidrológico                                     |
| Fácil aceitação cultural e social                                          | Auxiliar no controle da poluição difusa                          |
| Custos iniciais menores                                                    | Auxiliar na redução do escoamento superficial                    |
| Facilidade de adequabilidade e manutenção da infraestrutura já consolidada | Possibilita a criação de áreas de lazer com caráter paisagístico |
| Menor dependência de tecnologias avançadas                                 | Ganho de bem-estar                                               |

Fonte: Adaptado de Pereira (2021), Saut *et al.*(2022), Marko *et al.* (2021), Cotterill e Bracken (2020).

Quadro 02: Aspectos negativos da drenagem urbana convencional em comparação à drenagem sustentável.

| <b>Aspectos negativos dos modelos de drenagem</b>    |                                                                   |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Modelo Convencional</b>                           | <b>Modelo Sustentável</b>                                         |
| Aumenta o risco de inundação                         | Necessidade de manutenção frequente                               |
| Desequilibra o ciclo hidrológico                     | Alto custo de implantação, quando realizadas em caráter corretivo |
| Potencial de degradar mais os ecossistemas aquáticos | Processo de colmatação dos dispositivos de infiltração            |
| Favorecimento do aparecimento de ilhas de calor      | Necessidade de solo adequado para implementação das técnicas      |

Fonte: Adaptado de Pereira (2021), Saut *et al.* (2022), Marko *et al.* (2021), Cotterill e Bracken (2020).

#### 4.6.1 Serviços ecossistêmicos e a drenagem urbana

Dentre os aspectos positivos da drenagem urbana sustentável, está a melhora do bem-estar humano através do favorecimento dos serviços ecossistêmicos. Esses serviços são aqueles gerados a partir da manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais. A Lei n.º 14.119, de 13 de janeiro de 2021, responsável por instituir a política nacional de pagamento por serviços ambientais e dar outras providências, pode ser associada ao contexto da drenagem urbana (MMA, sd; Brasil, 2021a).

No contexto da lei acima citada do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, os serviços ecossistêmicos são classificados em quatro tipos. Os serviços de provisão aqueles que gerem bens ou produtos ambientais que possam ser utilizados pelo homem. Os serviços de suporte são aqueles responsáveis por processos naturais de garantia da vida, tais como a ciclagem de nutrientes e manutenção da biodiversidade. Os serviços de regulação são responsáveis por manter estáveis os sistemas ecossistêmicos. Os serviços culturais são aqueles que fornecem benefícios. Entende-se ainda por serviços ecossistêmicos o conjunto de serviços capazes de fornecer benefícios relevantes a partir dos demais serviços mencionados (Brasil, 2021b).

## 4.7 A drenagem urbana de baixo impacto

### 4.7.1 Padronização da nomenclatura e conceitos

Diferentes autores apresentam diferentes terminologias para cada tipo de drenagem urbana sustentável que abordam, entretanto, muitas dessas nomenclaturas se sobrepõem e podem dificultar o entendimento sobre as técnicas. A seguir, foram apresentadas as distinções por medidas sustentáveis, visando auxiliar no entendimento, bem demonstrar a variedade de terminologias presentes na literatura.

*Natural-Based Solutions* (NBS) é um termo originário da Europa (IPEA, 2022) e é caracterizado como o mais abrangente de todos por englobar diversas terminologias ligadas à drenagem sustentável (Sagala *et al.*, 2022). Assim como os demais, as NBS buscam integrar soluções urbanas que proporcionem a conservação da natureza (IPEA, 2022) mas abrange também princípios como segurança alimentar e desenvolvimento Econômico e Social (Cohen-Shacham *et al.*, 2016).

As melhores práticas de gestão, tradução para o termo em inglês *Best Management Practices* (BMP), é um conceito de drenagem que se originou nos Estados Unidos e no Canadá (Gutierrez; Ramos, 2017; IPEA, 2022). O conceito se inspira nos processos naturais para buscar a melhoria da gestão das águas, principalmente as de origem industrial, que são destinadas a uma mesma bacia hidrográfica para reduzir a poluição (Miguez; Veról; Rezende, 2015). A adoção desse sistema favorece principalmente:

- A redução do volume de águas pluviais
- A atenuação das vazões de pico
- A diminuição da poluição difusa
- Os processos naturais de infiltração e filtração
- Os Processos biológicos ou químicos
- A retenção e da detenção das águas

O termo *Green Infrastructure* (GI) surgiu nos Estados Unidos e é destinado a designar principalmente medidas de drenagem da fonte que reduzem e tratam o volume gerado de águas pluviais para proporcionar benefícios ao tripé do desenvolvimento sustentável, o meio ambiente, o econômico e o social (IPEA, 2022).

A adoção das infraestruturas verdes dentro do meio urbano não se limita ao “esverdeamento” (Philippi Junior; Roméro; Bruna, 2014), é foco dessas medidas a interligação de espaços naturais para que passem a integrar de forma eficiente e produtiva a malha urbana para que sejam capazes de evoluir à medida que ocorre a modificação dos usos do solo da região (McMahon, 2006 *apud* Philippi Junior; Roméro; Bruna, 2014). Essas infraestruturas, aparecem também relacionadas a transportes limpos e eficiência energética (Herzog; Rosa, 2010).

A técnica *Low Impact Development* (LID) também aparece em algumas literaturas como *Low Impact Urban Design and Development* (LIUDD). A designação do termo para o português também é LID, e se refere ao Desenvolvimento de baixo impacto (Ferrans *et al.*, 2022; 2023). Este conceito surgiu nos Estados Unidos e na Nova Zelândia e sua característica mais marcante é o foco em tornar a drenagem atual mais sustentável e o mais fiel possível aos processos existentes antes da urbanização da bacia (IPEA, 2022).

Para a eficácia da técnica, Miguez, Veról e Rezende (2015) ressalta a importância de compreender tais processos naturais e apresenta as técnicas como uma alternativa à drenagem urbana convencional, já que se elas se integram mais facilmente com o cenário urbano através de suas paisagens multifuncionais. Devido à proximidade dos conceitos, frequentemente as BMPs são associadas às LIDs.

Apesar de alguns autores associarem ambos os conceitos como um único, *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) e *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) possuem suas distinções na literatura. O termo SUDS, abreviação de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável, é um termo originário da Inglaterra muito utilizado para identificar as técnicas de drenagem que buscam maximizar as oportunidades de revitalização do meio e, de sua biodiversidade de uma forma mais articulada. Dentre os focos dessa técnica também está a redução do escoamento e a melhora da qualidade das águas (Elliott; Trowsdale, 2007; Woods-Ballard *et al.*, 2007 *apud* Miguez; Veról; Rezende, 2015).

O sistema de WSUD originário da Austrália, possui uma abordagem mais holística que busca integrar diferentes áreas de conhecimento, tipos de medidas e diferentes escalas de aplicação no sistema. Também é seu propósito incluir a participação social na minimização dos impactos hidrológicos causados pelo desenvolvimento urbano (IPEA, 2022) e realizar abordagens que envolvam tanto águas pluviais quanto potáveis e residuais (Gutierrez; Ramos, 2017).

É apresentado na figura a seguir, um esquema visual de como as técnicas apresentadas se dividem e classificam a partir de um único conceito. Para sua elaboração foram utilizadas as informações presentes nos estudos e documentos do IPEA (2022), Philippi Junior, Romero e Bruna (2014), Gutierrez e Ramos (2017), Miguez, Veról e Rezende (2015), Ferrans *et al.* (2022; 2023), Sagala *et al.* (2022) e Cohen-Shacham *et al.* (2016).

A proximidade dos conceitos dificulta o entendimento e suas diferenciações, entretanto, essa distinção é importante para afunilar a linha de pesquisa e adequar à realidade e às necessidades da área de estudo. Sendo assim, a proposição das técnicas apresentadas se baseia mais nas *LID* e nas *SUDS*.

Figura 03: Fluxograma: Esquema de distinções dos sistemas de soluções baseadas na natureza.



Fonte: Adaptado de IPEA (2022), Philippi Junior, Romero e Bruna (2014), Gutierrez e Ramos (2017), Miguez, Veról e Rezende (2015), Ferrans *et al.* (2022; 2023), Sagala *et al.* (2022) e Cohen-Shacham *et al.* (2016).

#### 4.7.2 Classificação das infraestruturas da drenagem urbana

As infraestruturas da drenagem urbana podem ser classificadas como cinzas, verdes, azuis-verdes, ecológicas e de espaço livre (Azevedo, 2019; Marko *et al.*, 2021; Chapman; Hall, 2021; 2022). As infraestruturas cinza são as mais frequentemente adotadas e caracterizam a drenagem urbana convencional. São planejadas de forma monofocal para atender uma determinada demanda com excelência, como, por exemplo, esgotamento sanitário, estacionamentos, sistemas de canalização, abastecimento e pavimentos impermeáveis, etc. (Oliveira *et al.*, 2023; Herzog; Rosa, 2010).

As infraestruturas azul-verde são comumente associadas à integração de áreas verdes com os azuis (Philippi Junior; Bruna, 2019), ou seja, integração de parques, árvores e jardins com cursos d'água (Oliveira *et al.*, 2023). As infraestruturas ecológicas estão mais associadas às técnicas voltadas diretamente ao solo e vegetação, como, por exemplo, à proteção de

hábitat de animais, espaço para recreação e lazer e áreas verdes, ambas interconectadas e multifuncionais (Pellegrino; Moura; Vargas, 2017).

Por fim, as infraestruturas caracterizadas como de espaço livre são aquelas que requerem uma maior área para sua aplicação e exigem uma área permeável. Consequentemente, devido a estas restrições de aplicabilidade, enfrentam mais dificuldades de adequação aos centros urbanos já consolidados. A pressão da urbanização em cima dessas infraestruturas potencializa suas fragilidades e piora sua eficiência, entretanto, essas áreas ainda possuem funcionalidade para atuar como espaços verdes (Chapman; Hall, 2021; 2022).

#### 4.7.3 Técnicas Existentes

As técnicas se referem à forma, considerando estruturas físicas, de como a drenagem urbana vai ser aplicada dentro do ambiente urbano. As técnicas disponíveis podem ainda ser classificadas como técnicas de coleta e armazenamento ou técnica de infiltração (Zuquette *et al.*, 2022).

Zuquette *et al.* (2022) apresenta em seu estudo uma tabela com algumas das principais técnicas de drenagem juntamente com seus conceitos. Algumas das técnicas e conceitos não presentes na tabela original de Zuquette *et al.* (2022), foram adicionadas de forma complementar através de demais artigos e documentos técnicos.

Pereira (2021), o manual de drenagem do Paraná (2002) e do Distrito Federal (2018) contribuíram com a distinção mais clara entre bacias e reservatórios. Duarte (2010) complementa a tabela elaborada trazendo uma distinção mais clara da diferença entre os conceitos de vala e trincheira de infiltração e Gutierrez e Ramos (2017) complementa a definição apresentada sobre os sistemas de coleta de água da chuva.

Os manuais de drenagem do Paraná por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SUDERHSA, 2002), do Distrito Federal (ADASA, 2018) e da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, do município de São Paulo (SMDU, 2012) foram utilizados como embasamento técnico para diferenciação das técnicas e conceitos apresentados. Por fim, para compor a tabela, o estudo de Lopez (2018) apresenta uma nomenclatura distinta para áreas úmidas que auxilia na exemplificação da técnica.

A seguir, é apresentado o quadro 3 numerada com as principais definições e técnicas presentes na literatura estudada. Sua elaboração foi baseada nas informações citadas

anteriormente de forma agrupada em formato de quadro, para deixar as distinções mais visuais e práticas para serem absorvidas. O quadro foi dividido em dois grandes grupos, um de sistemas e estruturas, de coleta e armazenamento e outro destinado às técnicas de infiltração.

Quadro 03: Principais técnicas de drenagem, seus conceitos e características.

| N.º                                                    | Técnica                                             | Conceito e Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sistemas e estruturas de coleta e armazenamento</b> |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 01                                                     | Sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) | Sistemas que permitem a coleta das águas de chuva através da coleta e armazenamento destinada para diferentes usos, também conhecidos como microrreservatórios. Esses sistemas podem ter formatos variados e serem abertos, fechados, superficiais, enterrados e podem ser encontrados com diferentes materiais tais como metal, fibrocimento, plástico e acrílico.                                                                                                                                                                 |
| 02                                                     | Telhado ou Cobertura verde (TV)                     | Sistema multicamada (I – impermeabilização; II – proteção contra raízes; III – drenagem; IV – filtragem; V – substrato; e VI – vegetação) que recobre os telhados de edificações para interceptar as chuvas e drená-las para um depósito ou para o próprio sistema de drenagem. Auxilia na diminuição da geração de escoamento superficial e vazão de pico que seria destinada diretamente ao sistema de drenagem urbana, a diminuição se dá por meio do armazenamento temporário na infraestrutura e evapotranspiração/evaporação. |
| 03                                                     | Plantio de árvores / Vegetação (Áreas verdes) (AV)  | Árvores ou vegetação de diferentes portes que possam ser plantadas em determinadas áreas, associadas ou não aos sistemas de drenagem no sentido de diminuir o fluxo superficial e permitir a infiltração no terreno, assim como promover e auxiliar os processos de filtração e a fitorremediação.                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Sistemas e estruturas de infiltração</b>            |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 04                                                     | Poço de infiltração (PI)                            | É uma escavação circular ou quadrada revestida por borracha, paredes de tijolos, tubos de concreto ou polietileno perfurado e circundado por materiais granulares, normalmente interligados com áreas de drenagem, visando atenuar as vazões de pico e promover a infiltração.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 05                                                     | Trincheira de infiltração (TI)                      | Escavações rasas preenchidas com cascalhos, agregados para criar um armazenamento temporário das águas de chuva e permitir a infiltração e/ou filtragem. As trincheiras são caracterizadas pelo seu comprimento e profundidade serem maiores que sua largura. Comumente são utilizadas próximas a telhados.                                                                                                                                                                                                                         |

| N.º | Técnica                                         | Conceito e Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 06  | Sistema de biorretenção jardins de chuvas (JDC) | Área vegetada construída com camadas de areias e agregados para armazenar temporariamente as águas da chuva e permitir o seu escoamento controlado e a sua infiltração e filtração de forma lenta, para o estudo será considerado a utilização de jardins de chuva. Comumente são instalados em regiões que já possuem depressões naturais e de forma que não interfiram no tráfego local. |
| 07  | Pavimentos permeáveis (PP)                      | São superfícies que permitem a infiltração das águas sobrepostas a uma camada porosa para armazenamento, antes de ocorrer a infiltração, reuso ou liberação controlada para a superfície, para o estudo será considerado a utilização de pavimento permeável.                                                                                                                              |

Fonte: Adaptado de Zuquette *et al.* (2022) com complementos de Galdino (2022), Duarte (2010), Pereira (2021), Gutierrez e Ramos (2017), SUDERHSA (2002), SMDU (2012) e Lopez (2018).

As figuras a seguir pretendem tornar mais visual o entendimento sobre o funcionamento e os aspectos construtivos de cada técnica descrita acima. A figura 4 representa uma ilustração da presença de um SAAP mediante os modelos superficiais sem a presença de bombeamento (Gutierrez; Ramos, 2017). A figura 5 representa uma aplicação de um sistema de aproveitamento de água já em funcionamento, a adoção em questão acontece em uma residência de estudantes do Instituto Politécnico de Bragança (IPB, 2023)

Figura 04: Esquema de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Alves; Landim, 2022.

Figura 05: Sistema de aproveitamento de água já em funcionamento em residência de estudantes do Instituto Politécnico de Bragança.



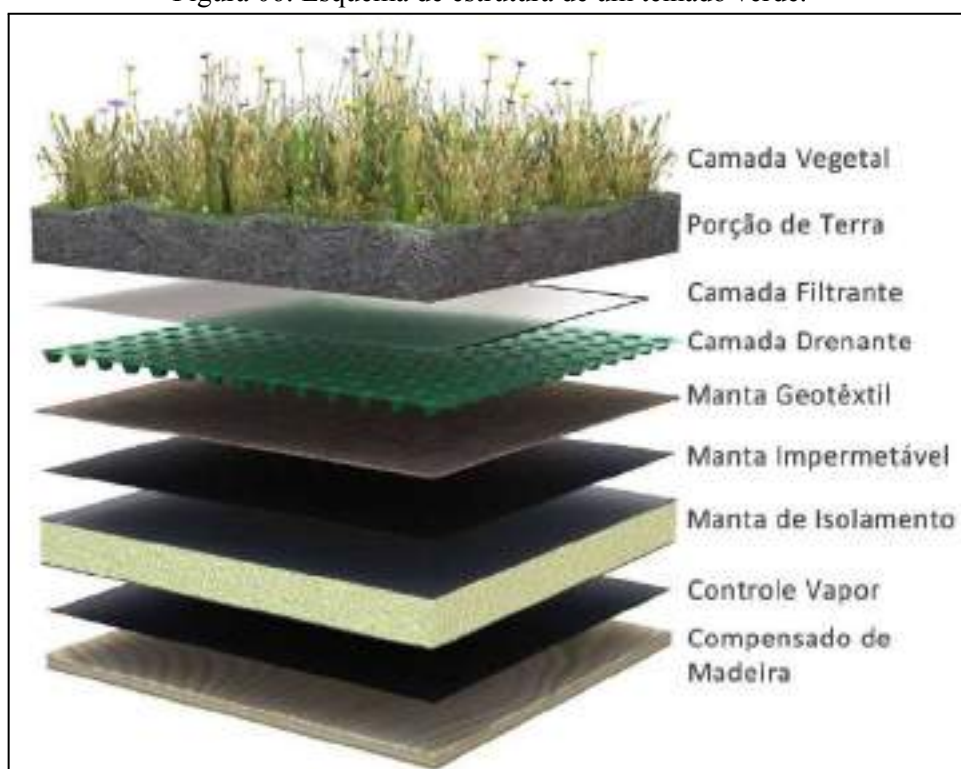
Fonte: Adaptado IPB, 2023.

A figura 6, é um esquema representativo da estrutura dos telhados verdes em camadas. Entretanto, mesmo não apresentando a tubulação de drenagem, essa técnica utiliza argila expandida, tubos de policloreto de vinila (PVC) e condutos para coleta de água em sua estrutura (Gutierrez; Ramos, 2017) e sua posterior destinação.

O município de João Pessoa dispõe do Projeto de Lei Ordinária n.º 39/2013 que apresenta como sugestão seis camadas e dentre elas estão a de impermeabilização, proteção contra raízes, drenagem, filtragem, substrato e vegetação. O projeto em questão, até a presente data, se encontra em tramitação, mas fornece embasamento mínimo sobre a tendência que está sendo estudada para ser seguida caso o projeto se torne lei.

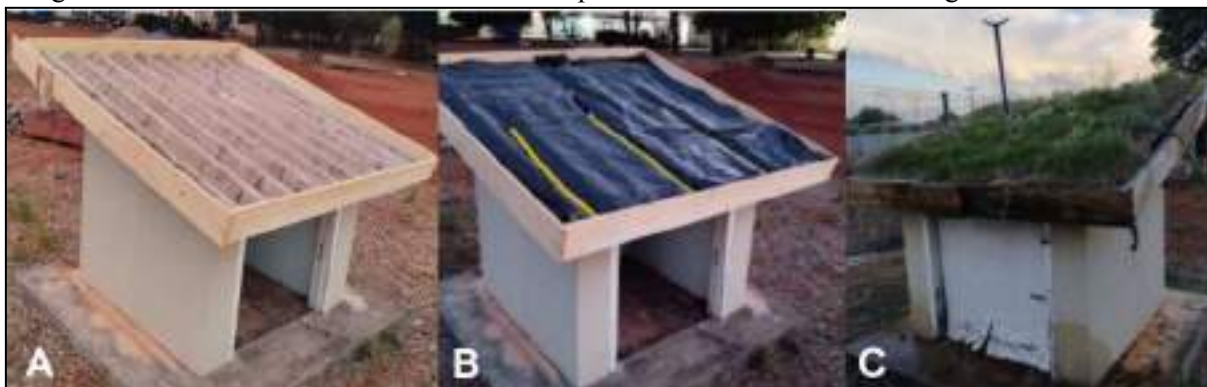
Por meio da figura 07 é possível perceber como a estrutura dos telhados são preparadas para receber o telhado verde. A imagem representa a adaptação de uma célula teste realizada por Neves (2023) para a realização de um estudo de desempenho que ocorreu na Faculdade Evangélica de Goianésia.

Figura 06: Esquema de estrutura de um telhado verde.



Fonte: Planejpb, 2020.

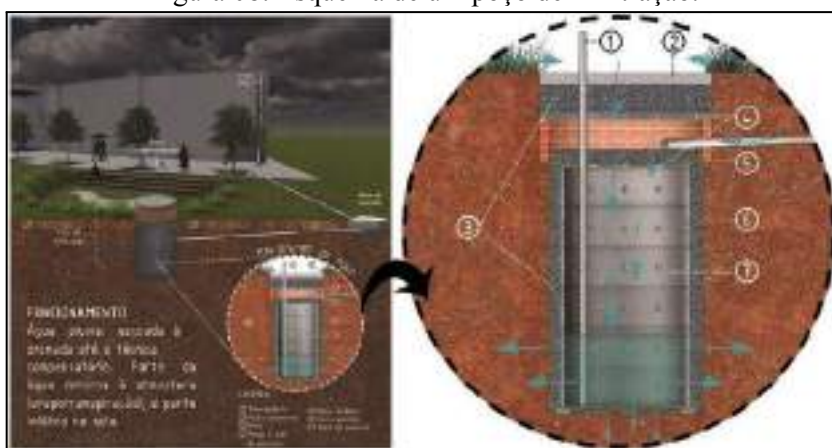
Figura 07: Célula teste de um telhado verde implementado na Faculdade Evangélica de Goianésia.



Fonte: Adaptado de Neves, 2023.

A figura 08 é a representação de um poço de infiltração. A numeração 1 indica a presença do tubo de medição, o número 2 indica o preenchimento com pedras ornamentais, o 3 indica o preenchimento com brita, o 4 indica a localização da tampa e dos anéis, o 5 indica a localização do bloco cerâmico, o 6 representa a manta geotêxtil e o 7 exemplifica os blocos de concreto.

Figura 08: Esquema de um poço de infiltração.



Fonte: Santos *et al.*, 2017.

A figura 09 representa a adoção de um poço de infiltração implementado nas dependências do campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) localizado em São Carlos, estado de São Paulo. A implementação ocorreu através do estudo de Barbassa, Angelini Sobrinha e Moruzzi (2014).

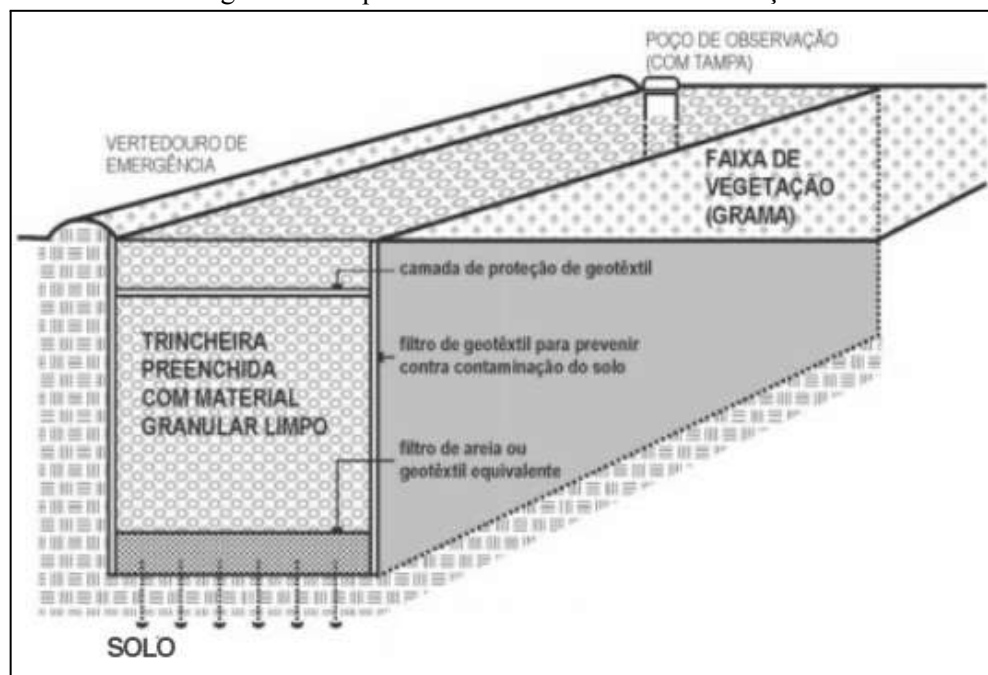
Figura 09: Etapas de implementação do poço de infiltração dentro do campus da UFSCar



Fonte: Lopez (2021) *apud* Barbassa *et al* (2014).

A figura 10 representa um esquema de trincheira de infiltração, cujo comprimento aparenta ser maior do que sua profundidade, aspectos construtivos caracterizados pelos estudos de Sasaki *et al.* (2021) e Lopes e Teixeira (2021) e, sua descarga é realizada através do vertedor ou solo permeável (Baptista *et al*, 2015 *apud* Lopes; Teixeira, 2021). Na figura 11 é possível identificar as etapas de construção de uma trincheira de infiltração, entre elas a escavação da vala, colocação de manta, preenchimento e finalização da trincheira.

Figura 10: Esquema de uma trincheira de infiltração.



Fonte: Schueler (1987) *apud* SUDERHSA (2002).

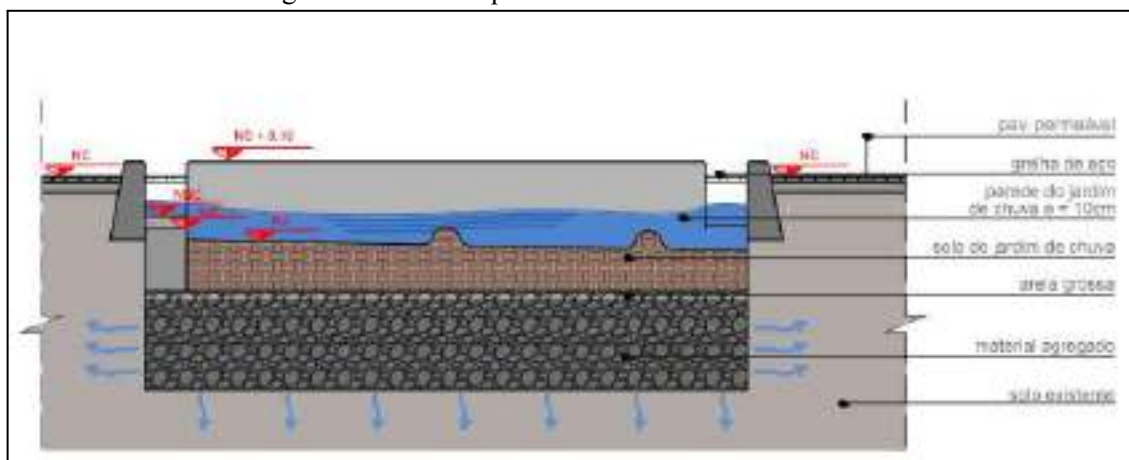
Figura 11: Etapas de construção de uma trincheira de infiltração



Fonte: Adaptado Carvalho *et al.* 2017.

A figura 12 representa um esquema simplificado de um jardim de chuva. O esquema apresenta a necessidade de escavação para preenchimento do fundo com material granular, suas paredes são permeáveis e permitem a infiltração. O esquema em questão associa ainda a aplicabilidade da técnica com a presença de pavimento permeável. A figura 13 representa o jardim de chuva piloto implementado através do estudo de Melo *et al.* (2014) na Universidade Federal de Pernambuco.

Figura 12: Corte esquemático de um Jardim de chuva.



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) - Soluções para cidades, s.d.

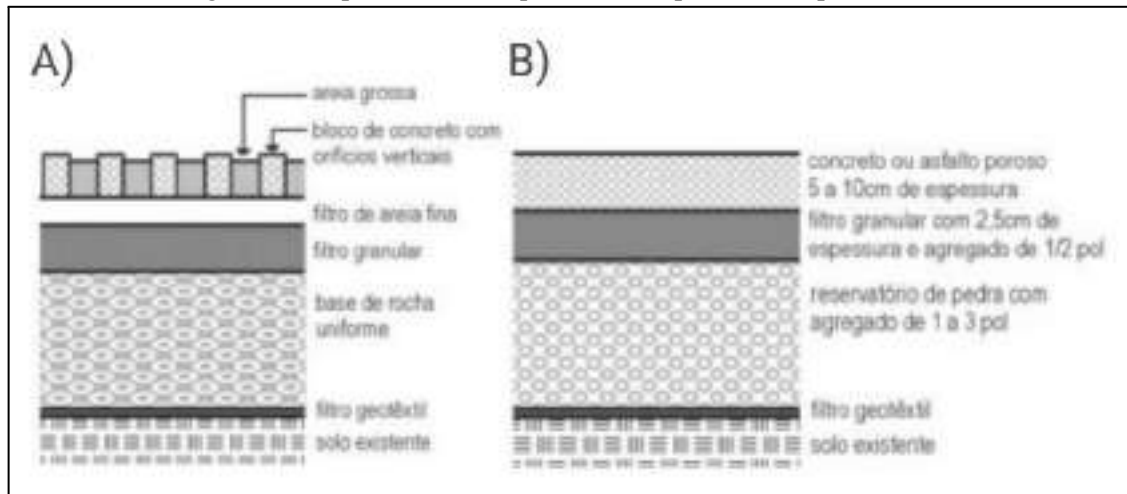
Figura 13: Jardim de chuva piloto instalado na Universidade Federal de Pernambuco.



Fonte: Melo *et al.*, 2014.

A última representação esquemática é a dos pavimentos permeáveis, representada pela figura 14, sua estrutura é composta por uma manta geotêxtil mais ao fundo, acima é a camada reservatório, seguida por uma camada filtrante e o assentamento dos blocos de pavimento intercalados com areia. A figura 15 representa os pavimentos permeáveis e seu funcionamento, a representação em questão foi retirada do estudo de Collett, Friedmann e Miller (2013).

Figura 14: Representação esquemática de pavimentos permeáveis.



Fonte: SUDERHSA, 2002.

Figura 15: Funcionamento dos pavimentos permeáveis.



Fonte: Collett, Friedmann e Miller (2013)

## 5 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em várias etapas, primeiramente por meio de levantamento bibliográfico, a partir dos registros disponíveis, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, tais como livros, artigos, teses, dentre outros (Severino, 2017). Outra etapa foi realizada através da técnica de observação, que é todo procedimento que permite acesso aos fenômenos estudados, que juntamente à pesquisa exploratória e explicativa, busca levantar informações sobre um determinado objeto, mapeando as condições de manifestação desse objeto e com o registro e análise dos fenômenos estudados, busca identificar suas causas (Severino, 2017).

Para a revisão bibliográfica dos principais artigos que envolvem a temática, foram realizadas buscas dentro das plataformas *Google Acadêmico*, Repositório UFPB, Periódicos Capes e *Scientific Electronic Library Online* (Scielo). Os artigos selecionados foram aqueles publicados nos últimos anos em qualquer idioma que possuíam em seu título ou subtítulo algum dos seguintes descritores: “LID”, “SUDS”, “SDS”, “*sponge cities*”, “*drainage*”, “drenagem”, “sustentável” e “baixo impacto”, para os idiomas português, inglês e espanhol.

Como resultado da busca avançada, a plataforma resultou em inúmeras publicações, dentre as quais foram selecionados os 200 primeiros resultados, que tiveram o título, resumo e palavras-chave analisados no intuito de utilizar apenas as publicações que estivessem conforme a temática do presente trabalho. Por fim, foram utilizados 43 artigos, divididos entre as línguas português, inglês e espanhol, 4 dissertações de mestrado, 3 relatórios, 4 manuais, 4 monografias de graduação e 6 livros. A figura 16 apresentada a seguir foi elaborada buscando fornecer recurso visual para exemplificar como a etapa da busca pelos estudos foi realizada.

Figura 16: Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados na busca dos artigos.



Fonte: Autora, 2024.

A figura 17 representa as etapas metodológicas necessárias ao cumprimento dos objetivos propostos. A escolha do local de estudo se deu pela familiaridade com a área, facilitando a logística nos aspectos de deslocamento, coleta de dados e facilidade de acesso, além de possuir potencial para subsidiar a análise em diversos aspectos estudados devido a sua diversidade de ambientes, por se tratar de uma universidade.

Figura 17: Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados para a proposta inicial da localização das técnicas.



Fonte: Autora, 2024.

### 5.1 Delimitação, caracterização e quantificação das subáreas de estudo

A delimitação, caracterização e a quantificação das subáreas foi realizada por meio da plataforma *Google Earth Pro* e *Google Maps* utilizando suas respectivas funcionalidades e ferramentas. A primeira ferramenta utilizada foi a de polígonos para delimitação da área e subáreas de estudo, bem como identificação dos centros, e a segunda foi a ferramenta de métrica, utilizada nas estimativas de áreas e comprimentos.

Foram identificados os principais usos e coberturas presentes na área. Esta etapa visou facilitar a primeira proposição de área para as técnicas e verificar se elas já estavam sendo aplicadas ao centro de tecnologia. A identificação dessa etapa, não utilizou nenhuma plataforma auxiliar, ocorrendo apenas através dos registros fotográficos.

O Centro de Tecnologia (CT) está compreendido no campus I da UFPB (Figura 12), localizado no município de João Pessoa–PB. O município possui 833.932 habitantes e uma área territorial de 210,044 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). O campus I da UFPB está localizado no bairro do Castelo Branco, próximo à BR-230 e possui o equivalente a 109 hectares. O CT possui uma área de aproximadamente 60.984,00 m<sup>2</sup> segundo a distribuição dos prédios fornecidos pela plataforma *WEB-SIG* e delimitação de área de estudo realizada por meio da ferramenta gratuita *Google Earth Pro*.

O *software* QGIS foi utilizado para realizar a construção do mapa de declividade, para verificar se os percentuais de declividade estão dentro do indicado por cada técnica e fornecer mais informações sobre a área de estudo. Para isso, a declividade foi calculada a partir do modelo digital do terreno *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Farr *et al.*, 2007 *apud* Sasaki *et al.*, 2021).

O *software* também foi utilizado para elaborar os mapas de localização das técnicas. Estes mapas são utilizados para representar a localização e proposição das diferentes técnicas e cenários em uma mesma área. Tem-se ainda nos capítulos seguintes, a subdivisão da área de estudo em 10 subáreas menores analisadas individualmente através de cenários propostos, elaborados visando o melhor entendimento sem que haja a sobreposição gráfica das hachuras representativas de cada técnica.

A declividade foi obtida em seis classificações distintas expressas em porcentagem conforme a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (1979). A plataforma também foi utilizada para a construção dos materiais gráficos

apresentados ao longo dos estudos e em sua elaboração foram utilizados como insumo a base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022) e imagens de satélite do *Google*.

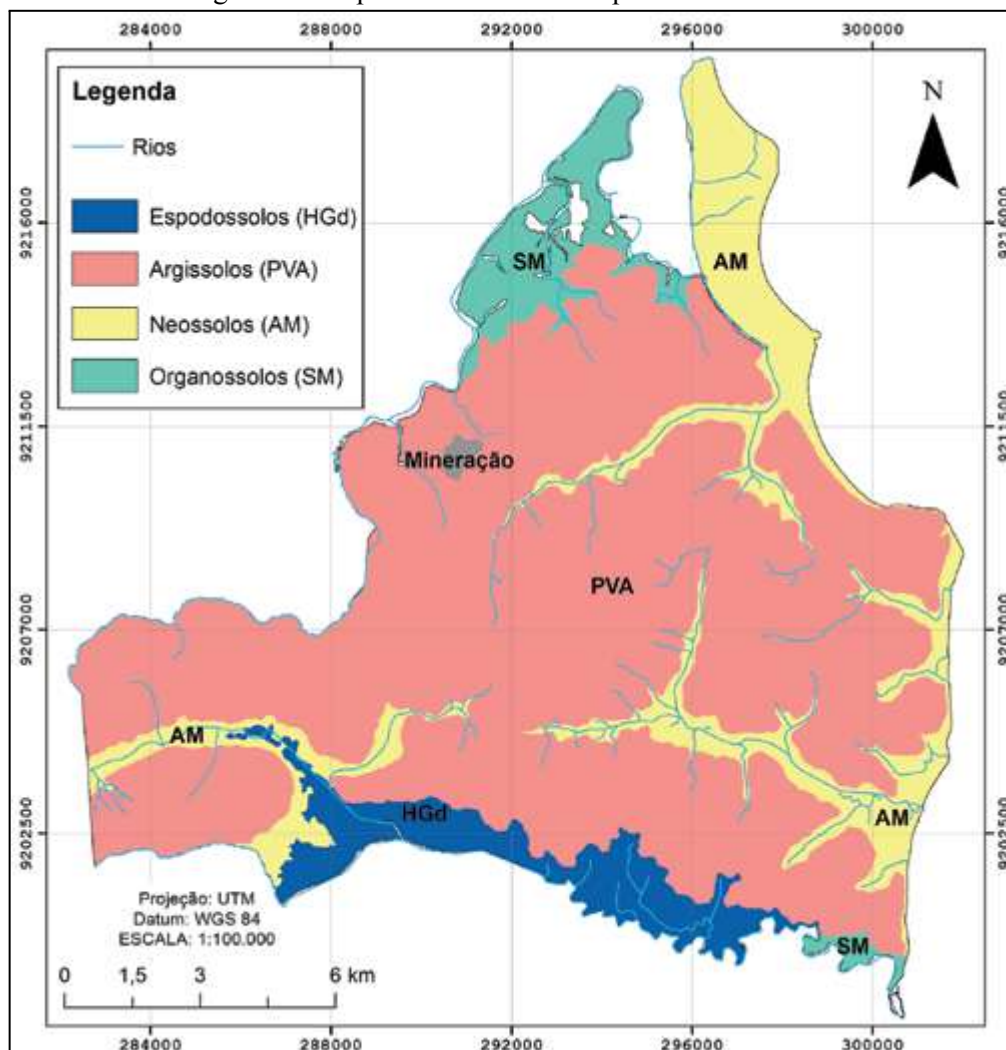
Figura 18: Mapa de localização do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.



Fonte: Autora, 2024.

O campus está compreendido dentro da bacia sedimentar pernambuco-paraíba que possui características sedimentares. O relevo predominante na região é o de tabuleiro litorâneo e baixas litorâneas, ambas consideradas planos e com altitudes variantes entre 20 e 90 metros. Os solos da região são classificados como neossolos quartzarênicos, latossolos e argissolos (João Pessoa, 2015).

Figura 19: Mapa de solos do município de João Pessoa.



Fonte: Vital *et al.* (2016).

Durante o estudo de Azevedo (2019), a condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) foi considerada como igual à taxa de infiltração resultando em um valor máximo de 36 mm/h, mínimo de 4,2 mm/h. A área de estudo de Azevedo (2019) coincide com a presente área de estudo, sendo assim esses valores foram considerados ao longo do desenvolvimento do trabalho. Para o presente estudo e com base nas informações presentes nos artigos referenciados, a menor infiltração necessária foi de um valor acima de 7 mm/h, que está contida no intervalo do artigo de Azevedo (2019) portanto, os valores de infiltração foram considerados como aceitáveis para continuidade da proposição das áreas.

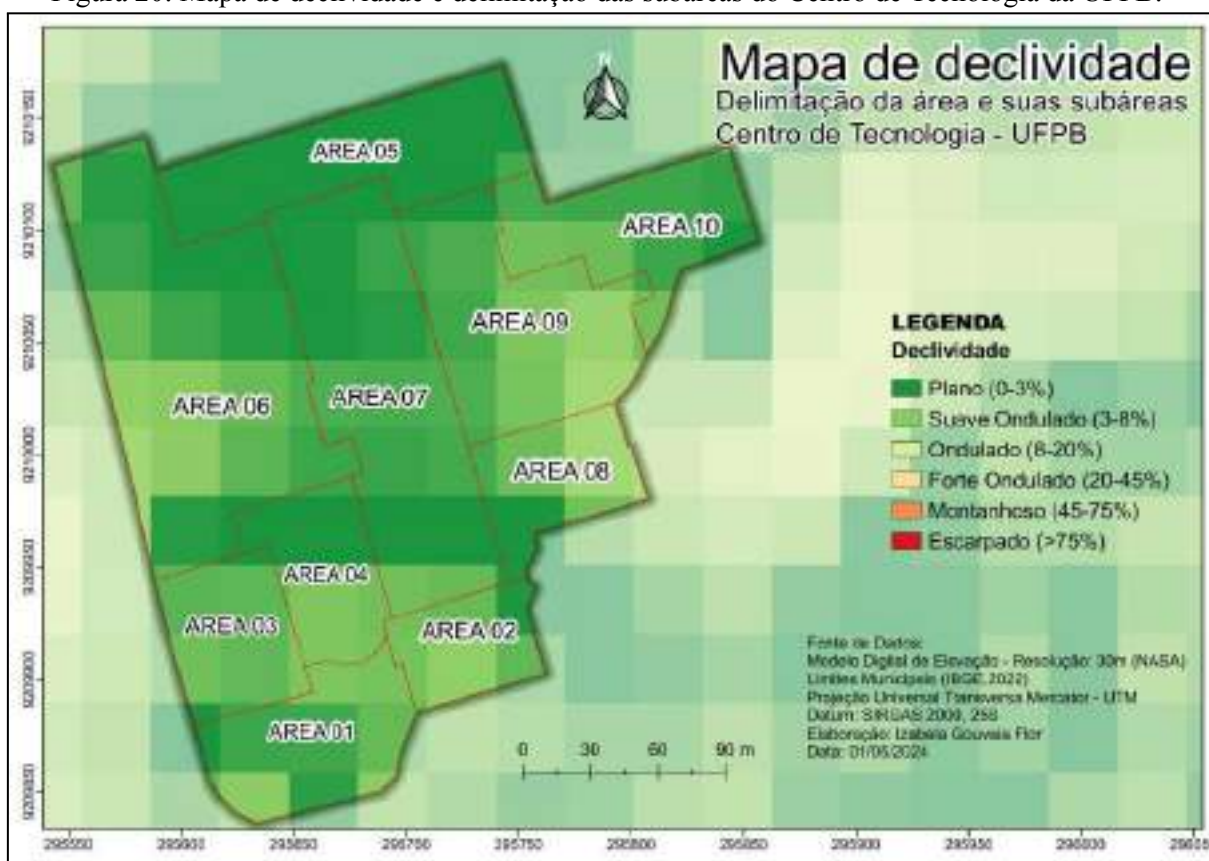
Com relação aos aspectos climatológicos, o município possui duas estações bem definidas, a seca e a chuvosa, com clima quente e úmido, com a predominância de chuva entre

os meses de abril a julho, com média de temperatura variando entre 23 °C a 31 °C (João Pessoa, 2015).

A área de estudo foi subdividida em 10 subáreas menores visando a facilidade de aplicação da metodologia proposta conforme exposto junto ao mapa de declividade (Figura 14). A declividade dentro do campus varia entre um relevo plano a um relevo ondulado (Santos *et al.*, 2023).

Na maioria dos locais presentes dentro do Centro de Tecnologia, a declividade não ultrapassa os 8%. Essas informações foram cruciais para a construção e proposição das técnicas de drenagem de baixo impacto dentro do campus, pois algumas das técnicas apresentadas possuem limitação de aplicabilidade em declividades mais elevadas (Melo, 2011).

Figura 20: Mapa de declividade e delimitação das subáreas do Centro de Tecnologia da UFPB.



Fonte: Autora, 2024.

Outra informação relevante ao contexto do estudo é a profundidade do lençol freático. Em seu estudo, Fernandes (2017) estima as recargas do aquífero livres da bacia do Rio

Gramame e do baixo curso do Rio Paraíba-PB, região essa que a área de estudo é compreendida (CBH-PB).

O poço 35, enumerado no estudo, apresenta coordenadas que coincidem com a Universidade Federal da Paraíba, onde está localizada a área de estudo (CT). O poço em questão é tubular e possui 42,83 metros de profundidade, com nível de água verificado de 33 metros. O estudo apresenta ainda que o nível dos poços analisados variou de 0,46 m até 3,92 m ao longo de 2016 segundo Fernandes (2017).

## **5.2 Critérios recomendados à adoção das diferentes técnicas apresentadas**

Os critérios foram levantados com a finalidade de fornecer embasamento à escolha e identificação das áreas potenciais à aplicação de técnicas de drenagem de baixo impacto. Os critérios foram adaptados do manual de drenagem do Paraná (SUDERHSA, 2002), desta forma eles foram reescritos de forma mais concisa e objetiva, visando a compreensão e agrupamento de conceitos. Para a escolha dos critérios foi considerada a disponibilidade das informações que cada um necessita. Ao todo foram utilizados onze critérios, juntamente com os registros fotográficos, para a construção da proposta inicial das técnicas que seriam melhor aplicadas na área estudada. As técnicas foram identificadas por diferentes cores, sendo excluídas aquelas localidades que não se enquadram nos critérios previamente estabelecidos.

O manual de drenagem do Paraná (SUDERHSA, 2002) possui cerca de 18 critérios auxiliares à escolha das medidas de controle na fonte com base nos aspectos da área, características do solo, aspectos construtivos, de qualidade, de operação, de tráfego, entre outros. Foi necessário alinhar, ajustar e agrupar os critérios e suas definições de modo mais claro e objetivo para aplicar à área de estudo, uma vez que muitas das definições se confundem e acabam dificultando sua interpretação e aplicação.

Portanto, foi utilizado, ainda, o documento intitulado “Projeto técnico: jardins de chuva, soluções para cidades”, elaborado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, s.d.) e o manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal (ADASA, 2018), pois ambos apresentam uma linguagem mais simplificada e muitos dos critérios no manual de drenagem do Paraná.

Após o tratamento dos critérios iniciais que são (1) área da bacia de contribuição a ser controlada, (2) capacidade de infiltração do solo, (3) nível do lençol freático, (4) risco de

contaminação de aquífero, (5) fragilidade do solo à ação da água, (6) permeabilidade do subsolo, (7) declividade do terreno, (8) ausência de exutório, (9) disponibilidade de área, (10) presença de instalações subterrâneas, (11) restrição de urbanização, (12) afluição poluída, (13) afluição com alta taxa de sedimentos, (14) risco sanitário por falha de operação, (15) risco sedimentológico por falha de operação, (16) sistema viário adjacente e intensidade de tráfego, (17) flexibilidade de desenho e (18) limites de altura ou profundidade da MC, foram obtidos 11 critérios finais, apresentados no tópico a seguir, que foram utilizados como base para a proposição das áreas adequadas às medidas.

O quadro 04 é composto pelos requisitos mínimos necessários à cada técnica. Todos os requisitos foram obtidos através dos estudos referenciados, legislações e projetos de lei. Os requisitos vão desde área mínima de contribuição ou necessária à adoção, até questões mais específicas como infiltração mínima ou camadas mínimas necessárias. Os requisitos apresentados a seguir foram utilizados para fins de delimitação de área dentro da plataforma *Google Earth Pro* e na caracterização da área de estudo, identificando características aptas à adoção das técnicas de drenagem urbana sustentáveis aqui mencionadas.

Quadro 04: Requisitos estabelecidos por técnica.

| <b>Técnica Apresentada</b>                          | <b>Requisitos retirados da literatura e legislação</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) | Área mínima requerida para instalação e funcionamento considerada como sendo no mínimo de 10 m <sup>2</sup> . A área de instalação deve ser ao lado da área de contribuição, a área de contribuição mínima deve ser de 100 m <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                         |
| Telhado ou Cobertura verde (TV)                     | A área mínima de contribuição deve ser de 200 m <sup>2</sup> e a edificação deve possuir no mínimo 3 unidades agrupadas verticalmente. A estrutura (telhado) deve comportar o peso da estrutura e seguir as seguintes camadas: I – impermeabilização; II – proteção contra raízes; III – drenagem; IV – filtragem; V – substrato; e VI – vegetação; caso não se saiba essas informações a mesma não será aplicável. |
| Poço de infiltração (PI)                            | A área de contribuição mínima deve ser de 100 m <sup>2</sup> e possuir área livre de 36 m <sup>2</sup> com afastamento mínimo de 3 metros de fundações para sua instalação e funcionamento. O local deve ser viável o acesso e trânsito de máquinas para facilitar escavação.                                                                                                                                       |
| Trincheira de infiltração (TI)                      | A área de contribuição deve estar entre 150 m <sup>2</sup> e 1500 m <sup>2</sup> , com no mínimo 1,0m de largura e o comprimento maior que a largura e igual ou maior que o comprimento linear da área de contribuição. Deve-se respeitar o afastamento mínimo de 3 metros de fundações e a taxa de infiltração deve ser maior que 13,0 mm/h, declividade entre 5% e 20%.                                           |

| <b>Técnica Apresentada</b>                          | <b>Requisitos retirados da literatura e legislação</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema de biorretenção jardins de chuvas (JDC)     | Sua área deve ser no mínimo 5% de sua área de contribuição impermeável. A técnica se favorece na implementação principalmente quando há presença de depressões topográficas na área. A profundidade mínima da técnica deve ser de no mínimo 1 metro e o local de implementação deve possuir taxa de infiltração mínima de 12,5 mm/h e declividade entre 2% e 20%. |
| Superfícies permeáveis (PP)                         | A infiltração deve ser superior a 7mm/h e o local de adoção deve ser via caracterizada como de tráfego leve.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Plantação de árvores/ Vegetação - Áreas verdes (AV) | Aplicável em regiões de solo que seja caracterizado como áreas de solo exposto.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fonte: Autora, 2024.

### 5.2.1 Definições dos critérios finais utilizados para o estudo das áreas adequadas

O critério de área da bacia de contribuição a ser controlada passa a ser descrito apenas como área de contribuição, sendo definido como aquela área de captação que gera o escoamento superficial que posteriormente será destinado às técnicas de drenagem sustentável.

O critério de disponibilidade de área se aplica àquelas medidas compensatórias superficiais, que necessitam de espaços amplos e livres para implementação ou aqueles que possuam características muito específicas. Geralmente o critério é limitante para aquelas áreas urbanas altamente adensadas, onde as áreas livres são pequenas.

O critério relativo à capacidade de infiltração do solo é aplicável apenas às técnicas que se baseiam em infiltração, ou seja, se a capacidade de infiltração estiver fora do mínimo estabelecido individualmente por cada técnica, deve-se utilizar de outra técnica que se adeque a capacidade de infiltração do local. É possível ainda que seja estudado a viabilidade e alternativas para melhorar tal capacidade, desde que a área apresenta limitação quanto técnicas que sejam adequadas ao local e os recursos necessários estejam disponíveis.

O critério nível do lençol freático refere-se a àquelas técnicas baseadas em infiltração. A proximidade do fundo da estrutura física da técnica, como o lençol freático ou aquífero, inviabiliza a sua aplicação na área, uma vez que a capacidade de infiltração é diminuída com essa proximidade do nível do lençol freático, podendo ocasionar ainda carreamento de

poluentes e, nos casos de técnicas baseadas em infiltração, possíveis danos a ela (Oliveira Junior *et al.*, 2018; Lopez, 2018).

No que se refere ao risco de contaminação de aquífero ou lençol freático, este critério também se relaciona às técnicas de infiltração que estejam localizadas próximas a pontos de recarga ou zonas poluídas, que aumentem a suscetibilidade à contaminação. Para a área de estudo, este critério não será aplicado, pois segundo o apresentado por SUDERHSA (2002) e pelas dimensões da literatura aplicáveis às técnicas aqui descritas, será considerado que a área de estudo não apresentará tal risco.

A fragilidade do solo na ação da água está relacionada àqueles solos que podem perder suas propriedades hidráulicas, de suporte, características ou ainda que possam sofrer com a desestruturação (SUDERHSA, 2002). Novamente, o critério se aplica melhor aquelas técnicas baseadas em infiltração, devido à presença mais frequente da água em sua estrutura.

A permeabilidade do subsolo está relacionada à camada disponível até que o solo assuma condições de impermeabilidade, a exemplo de um solo rochoso e raso, que além de impermeável, inviabilizaria escavações caso necessário, prejudicando assim a aplicabilidade das técnicas aqui apresentadas e que se baseiam em infiltração e que necessitem de escavações mais profundas (SUDERHSA, 2002).

O critério de declividade do terreno estabelece os valores adequados às aplicações das técnicas, principalmente as voltadas à infiltração. Uma vez que declividades muito elevadas favorecem o aumento da velocidade de escoamento e conseqüentemente não favorece a infiltração (SUDERHSA, 2002; Lopez, 2018).

O critério descrito como ausência de exutório se relaciona com as técnicas de captação, armazenamento e detenção ou com aquelas técnicas que possam ter sua capacidade superada em eventos extremos. O desempenho do exutório pode ser exercido por rios, córregos, redes pluviais e até reservatórios que possam receber o excedente da precipitação (ADASA, 2018). No caso deste estudo, apenas é considerado como exutório a presença da rede pluvial de drenagem urbana, não se aplicando demais possibilidades mencionadas pelo manual.

O critério de restrição de urbanização está mais associado à intensidade de tráfego. É desaconselhável a implementação de medidas que não se adaptem ao uso e ocupação do solo atual, bem como não se adequem à intensidade de ocupação. Algumas dessas medidas possuem faixas gramadas ou não permitem o tráfego acima de sua área de instalação, seja ele

leve ou intenso, pois isto atrapalha seu funcionamento ou pode ocasionar danos à técnica (SUDERHSA, 2002).

A presença de instalações subterrâneas se relaciona limitando as medidas que se baseiam na infiltração ou que necessitem de escavação, pois o seu funcionamento ou implementação pode danificar ou causar interferências nas estruturas que estejam enterradas como fundações, rede de telefonia, água, esgoto, energia, dentre outros (SUDERHSA, 2002). Sendo assim, na presença dessas instalações, as medidas não são recomendadas.

O critério sobre sistema viário adjacente e intensidade de tráfego é análogo ao apresentado anteriormente no critério de restrição de urbanização, se diferenciando apenas no que se refere ao esforço. É necessário que algumas medidas sejam dimensionadas já prevendo possíveis esforços intensos na estrutura para não ocorrer danos à estrutura como rachaduras ou outras falhas (SUDERHSA, 2002).

O critério que aborda os limites de altura ou profundidade das medidas de controle está associado principalmente às medidas de infiltração e à sua capacidade de infiltrar. É realizado o dimensionamento em conjunto com a análise e comparação do tempo de residência desejado do escoamento e a altura, condicionada pelo volume que a técnica está dimensionada para possuir (SUDERHSA, 2002; ADASA, 2018). Uma vez que não seja suficiente, é possível realizar alterações na sua área superficial para alcançar o desejável, mas caso não seja possível tais adequações, o critério se torna limitante. Este, é aplicável para as bacias de infiltração que não estão dentro das técnicas apresentadas.

O critério de flexibilidade de desenho é relacionado com a configuração arquitetônica do local onde será implementada a técnica. Considerando que algumas podem não se adequar ao local proposto ou necessitem de condições específicas, tais como escoamento por gravidade ou uma estrutura mais reforçada, o critério se torna limitante uma vez que não seja possível adequar o desenho e o projeto da medida ao local proposto (SUDERHSA, 2002). O critério em questão é mais limitante em casos de micro reservatórios ou telhados verdes, trincheiras ou poços de infiltração.

Afluência poluída é um critério que se aplica principalmente a regiões desenvolvidas e com questões sanitárias, geralmente contaminação por carga difusa (esgotos e lavagem de ruas), como apontado por ADASA (2018) e também por SUDERHSA (2002), Lopez (2018) e Costa *et al.* (2021). A presença e o não tratamento prévio deste efluente antes de ser direcionado às técnicas torna sua aplicação ineficiente, uma vez que o efluente pode danificar

a estrutura e o funcionamento da técnica, tornando a manutenção cara e mais constante. O recomendável é que se instale estruturas de pré-tratamento (SUDERHSA, 2002). No caso deste estudo, é considerado que as LIDs propostas não estão adaptadas ao recebimento de efluentes poluídos, ou seja, será considerado apenas o direcionamento para as técnicas de drenagem o escoamento das águas pluviais não contaminadas.

A afluência com alta taxa de sedimentos é outro critério que se relaciona com a poluição, o carreamento de sedimentos e resíduos danificam as medidas que não toleram este tipo de contaminação. Usualmente, este critério é aplicável às bacias de detenção e retenção, mas em outras regiões que possuam essa contaminação podem ser instaladas alternativas de retenção deste material (SUDERHSA, 2002). Essa solução aumentaria o gasto com manutenção, entretanto, a depender da técnica e do nível de sedimentos, a alternativa adequada faz com que esta situação não se torne limitante a instalação da técnica (ADASA, 2018).

O critério de risco sanitário por falha de operação está associado a medidas de grande porte ou aquelas que utilizam em seu funcionamento bombas, comportas, operadores e outros equipamentos mecânicos que possam falhar. Sendo assim, em situações em que não seja possível garantir o pleno funcionamento e manutenção adequada, essas medidas de grande porte não devem ser implementadas (SUDERHSA, 2002). Para este estudo, nenhuma das técnicas apresentadas é considerada de grande porte, sendo assim, este critério não é aplicável em nenhuma delas.

E por fim, o risco sedimentológico por falha de operação é análogo ao risco sanitário anteriormente apresentado, se diferenciando apenas no que se refere a falha por acúmulo de resíduos e não ocasionada por equipamentos. Para este estudo este critério é aplicável naquelas técnicas apresentadas como infiltração que podem sofrer com compactação e colmatação (SUDERHSA, 2002).

Após a apresentação dos critérios acima descritos é possível perceber a abrangência e em alguns casos sua ambiguidade, sendo assim, foi realizada o ajuste e o agrupamento dos critérios e suas definições para melhor se adequar a área de estudo, sendo assim temos:

- Critério 1: O nível do lençol freático, que engloba o risco de contaminação de aquíferos;
- Critério 2: A capacidade de infiltração do solo, que engloba a permeabilidade do subsolo;

- Critério 3: A fragilidade do solo à ação da água;
- Critério 4: A declividade do terreno;
- Critério 5: A área de contribuição;
- Critério 6: Disponibilidade de área;
- Critério 7: A restrição de urbanização, que engloba as definições descritas nos critérios de sistema viário adjacente e intensidade de tráfego, presença de instalações subterrâneas e limites de altura e profundidade da medida de controle;
- Critério 8: A afluência poluída, unificado com a afluência com alta taxa de sedimentos;
- Critério 9: O risco sanitário por falha de operação e risco sedimentológico por falha de operação, neste critério, foram incluídas falhas por falta de manutenção;
- Critério 10: A ausência do exutório;
- Critério 11: A flexibilidade de desenho que as técnicas possuem.

Os critérios podem ser relacionados nas temáticas relativas à área, ao solo, às técnicas e ao lençol freático. A partir dos critérios e suas definições foram elaboradas perguntas para servirem de embasamento à construção do fluxograma de decisão (Zuquette *et al.*, 2022). As perguntas estão dispostas no fluxograma e foram respondidas pelo autor pois é conhecido o cenário que se pretende implementar as medidas de controle.

Para alguns dos critérios houve uma análise única para cada técnica, pois possuem a mesma informação de base, são eles: nível e suscetibilidade do lençol freático, capacidade de infiltração do solo e fragilidade do solo quanto à ação da água, falhas de operação, carregamento de sedimentos e presença de estruturas subterrâneas, sendo assim, esses critérios não estão incluídos no fluxograma de decisão, uma vez que eles devem ser atendidos para qualquer que seja a técnica. Sendo assim, o fluxograma é aplicável por meio de perguntas específicas a fim de distinguir qual técnica é mais adequada ao local analisado.

### 5.3 Aplicabilidade dos critérios no fluxograma para aplicabilidade das técnicas

Para facilitar a aplicação dos critérios das técnicas na área do estudo e no fluxograma, foram elaborados vários questionamentos-chave em forma de pergunta que se associam aos critérios descritos acima da mesma forma como feito no estudo de (Zuquette *et al.*, 2022).

Com relação ao lençol freático foram elaborados os seguintes questionamentos: (1) O nível do lençol freático é adequado à instalação da técnica? (2) Existe suscetibilidade do lençol freático quanto a contaminação (aplicável às técnicas de infiltração).

Com relação aos questionamentos sobre o solo foram levantados (3) O solo possui a capacidade de infiltração que a técnica necessita? (4) O solo é suscetível a perda de suas características ou sofrer desestruturação? (5) A área está sujeita a compactação ou movimento de massa? (6) A declividade está dentro do adequado a técnica em questão?

Com relação aos questionamentos sobre a área de estudo foram levantados (7) A área de contribuição estudada, está dentro dos intervalos estabelecidos para essa técnica? (8) A Área é apta a receber técnicas de infiltração? (9) Existe a presença de instalações subterrâneas que inviabilizam a execução da técnica? (gás, água, esgoto, elétrica), (10) A área ao entorno da localização da técnica é suscetível a poluição que atrapalhe o funcionamento da técnica ou se torne fonte de contaminação (sedimentos são incluídos)? (11) Existe tráfego leve de pedestres ou veículos? (12) A área disponível é um telhado? (13) O escoamento é direcionado por gravidade naturalmente ou necessita de equipamentos de coleta e direcionamento para isso? (14) A área apresenta solo exposto? (15) A área sofre ou já sofreu com alagamentos? (16) Existe limitação quanto a disponibilidade da área superficial para a instalação da técnica? (17) O telhado possui capacidade de suporte suficiente para comportar a estrutura de um telhado verde?

No que se refere às técnicas, os questionamentos foram (18) A técnica necessita de exutório ou outros dispositivos de extravasamento? (19) A técnica apresenta algum risco por falha de operação? (20) A técnica possui flexibilidade quanto ao seu desenho? (21) O tráfego no local pode ser interrompido ou desviado para que a técnica seja instalada? (outras rotas podem ser utilizadas).

Entretanto, os questionamentos anteriores, assim como alguns dos critérios, possuem especificidade de aplicação ou até mesmo necessitam ser aplicados uma única vez. Com isso, apenas os mais específicos que fornecem possibilidade das técnicas estudadas se distinguem

foram utilizados no fluxograma. Essa distinção na construção foi necessária devido à proporção que o fluxograma tomaria com a presença de todos os questionamentos e visando sua facilidade de interpretação e aplicação.

Os questionamentos aplicados previamente ao fluxograma para todas as técnicas são (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (9), (10), (19). Dentro do fluxograma, o questionamento (16) está presente para ambas as técnicas, enquanto os questionamentos aplicados às técnicas de infiltração são (8), (11), (20), (21). No fluxograma, os questionamentos aplicados às técnicas de coleta e armazenamento são (12), (13), (14), (15), (17), (21).

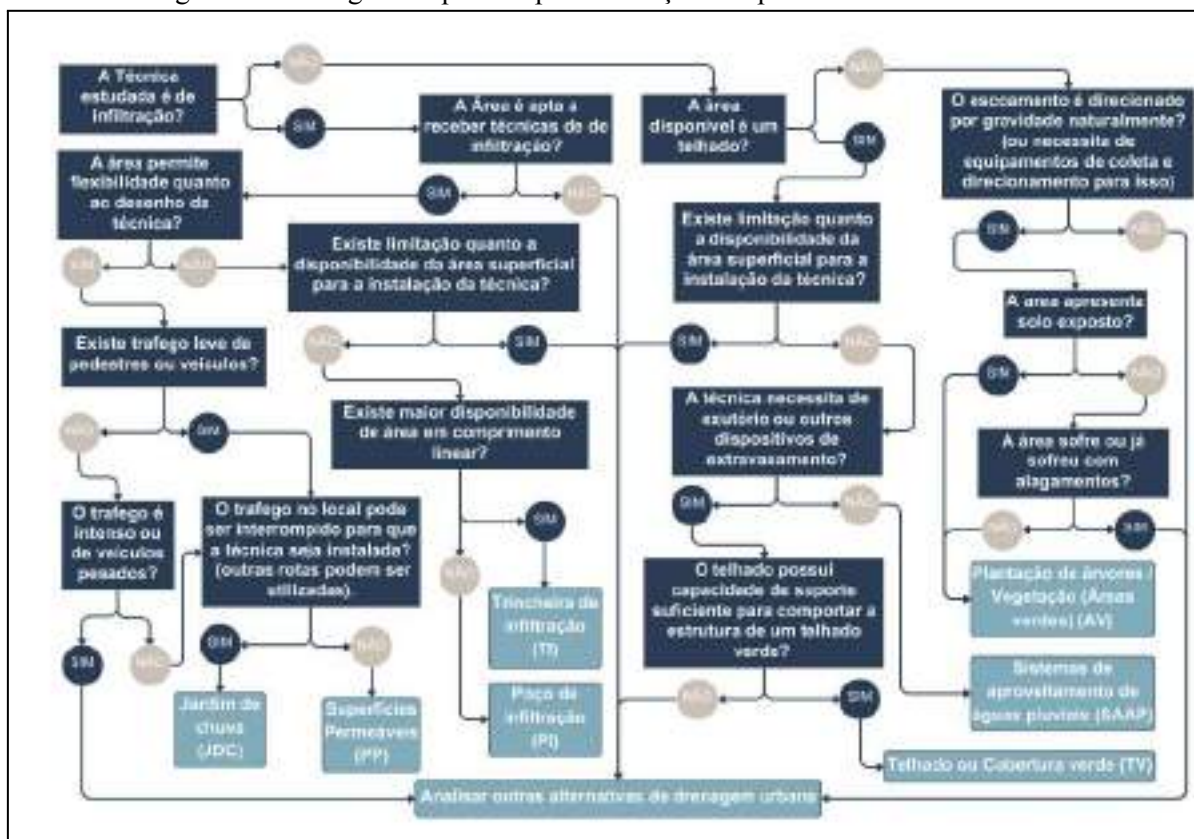
Os questionamentos apresentados anteriormente foram formulados e respondidos pela autora com base na análise técnica e nos critérios previamente estabelecidos, não havendo validação externa ou de terceiros para definição das respostas, pois a finalidade de utilização nas áreas de estudo utilizando os conhecimentos adquiridos ao longo da pesquisa. Dessa forma, as respostas refletem o entendimento técnico e metodológico do autor, garantindo a coerência interna do estudo e sua aplicação no contexto analisado.

O fluxograma possui respostas objetivas de “Sim” ou “Não” para os questionamentos se iniciando no questionamento “A técnica estudada é de infiltração” e afunilando até ter como resultado se a técnica em questão é aplicável ou não para aquela área, finalizando no nome da técnica estudada. Cada subárea apresenta características únicas consideradas para a proposição das técnicas e locais, essas características estão dispostas no quadro 05 presente no tópico seguinte.

Caso o questionamento seja limitante, a resposta ao fluxograma é “Analisar outras alternativas de drenagem”, sendo assim, para esses resultados é perceptível que se tem uma situação mais específica que foge do escopo do presente estudo onde é necessário um maior aprofundamento para que assim o problema de drenagem seja sanado.

Sendo assim, o fluxograma foi estruturado e segue a sequência apresentada através da figura 21 a seguir.

Figura 21: Fluxograma aplicado para definição de aplicabilidade das técnicas.



Fonte: Autora, 2024.

#### 5.4 Construção e definição dos cenários e áreas a serem aplicadas no fluxograma

A área de estudo é composta por vias, vagas de estacionamento, telhados e áreas de solo exposto ou árvores espaçadas, de área permeável ou não, etc. Para facilitar a aplicação, a área de estudo foi subdividida em 10 subáreas. A definição das subáreas foi realizada de forma arbitrária, como ilustrado através da figura 22 a seguir, apenas de forma que contemplem uma maior quantidade de áreas ou edificações que possuem o mesmo uso ou cobertura.

As subáreas foram previamente delimitadas através da plataforma *Google Earth Pro*, que também foi utilizada para obter as informações apresentadas de área de cada polígono, seja ele subárea ou técnica estudada

Figura 22: Subdivisões da área de estudo.



Fonte: Autora, 2024.

A partir da subdivisão acima proposta foi possível realizar a construção dos cenários iniciais conforme as características físicas que cada subárea apresenta. O resumo dessas características é apresentado no quadro 05 e teve como base a observação da área de estudo e as ferramentas de geoprocessamento como as imagens de satélite recentes.

Quadro 05: Descritivo das subáreas de estudo.

| N.º da Subárea | Descrição das áreas                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01             | Edificação do bloco de engenharia de produção com a presença de área de telhados disponíveis, vias e estacionamentos parcialmente pavimentados e de solo exposto com presença de trânsito leve de pedestres e veículos. Existência de área permeável caracterizada como solo exposto e pouca presença de vegetação. |
| 02             | Edificação do bloco de arquitetura com área de telhado disponível e com predominância de solo permeável. Trânsito leve de pedestres em via não pavimentada, presença de passarela descoberta e coberta considerada como área impermeável. Trânsito esporádico de veículos pesados.                                  |
| 03             | Edificação destinada às direções de centros, coordenações e auditórios, área de                                                                                                                                                                                                                                     |

| N.º da Subárea | Descrição das áreas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | telhado disponível, vias e estacionamentos pavimentados com trânsito leve de pedestres e veículos e área impermeável descoberta ao centro da subárea. Pouca área de solo permeável e de vegetação.                                                                                                                                                                                                         |
| 04             | Edificação com a presença de auditórios e laboratórios conhecida como “bolo de noiva” com área de telhado disponível. A subárea possui predominância de área pavimentada e impermeável, com presença de pouco solo permeável, área destinada apenas ao trânsito de pedestres. Possui a presença de passarelas, uma descoberta e outra coberta. Possui ainda uma faixa de pavimento permeável já instalada. |
| 05             | Edificações com salas de aula, coordenações e laboratórios e centros acadêmicos. Subárea próximo à entrada do centro onde ocorre nas de vias asfaltadas e pavimentadas tráfego intenso de veículos e pedestres. Subárea com pouco solo permeável e presença de solo exposto, possui ainda uma faixa de pavimento permeável já instalada e passarelas cobertas e descobertas.                               |
| 06             | Edificação de guarita para acesso à universidade, bloco de salas de aula, biblioteca e laboratórios, presença de tráfego intenso e área de estacionamento pavimentada com entrada asfaltada, pouca área de solo permeável, presença de pontos de recarga de veículos elétricos, faixa de pavimento permeável já instalada. Telhados parcialmente disponíveis e presença de passarela descoberta.           |
| 07             | Edificações de sala de aulas e laboratórios com a presença de áreas de solo exposto, trânsito de pedestres em vias pavimentadas e de solo exposto , a área não apresenta trânsito de automóveis, presença de árvores espaçadas de raízes profundas. Presença de passarelas cobertas e de faixas de pavimento permeável já instaladas juntamente às áreas que apresentam solo permeável.                    |
| 08             | Edificações de laboratórios, salas de aula e galpão com oficinas cujo acesso é realizado por meio de áreas com solo exposto, via pavimentada ou ainda por meio da passarela descoberta. Ocorrência de trânsito de pedestres em via não pavimentada com trânsito intenso de automóveis ou veículos pesados para acesso às oficinas, a área conta ainda com estacionamento.                                  |
| 09             | Edificações de laboratórios e salas de aula, galpão com oficinas cujo acesso é feito por vias pavimentadas que possuem trânsito intenso de automóveis ou veículos pesados e leves. Presença de tráfego de pedestres mediante áreas de solo permeável, passarela coberta e descoberta ou via pavimentada. Presença de telhados irregulares e pequenos.                                                      |
| 10             | Edificações com centros acadêmicos, acesso à área 09 e às oficinas e laboratórios. Ocorre trânsito intenso de pedestres e veículos pesados em vias pavimentadas. Possui a presença de área permeável com vegetação bem como área de estacionamento e área impermeável descoberta.                                                                                                                          |

Fonte: Autora,2024.

Visando tornar mais visual a caracterização das áreas, a proposição das técnicas por área, usos e técnicas já instaladas, diferentes cores e hachuras foram atribuídas a cada uma conforme legenda que acompanha as imagens apresentadas em cada subárea.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de visita técnica ao Centro de Tecnologia (CT) foi possível observar a presença de pontos desocupados, sem uso e, em alguns casos, com acúmulo de resíduos. Além disso, os estacionamentos somam uma grande extensão da área disponível do CT, juntamente com as áreas disponíveis de telhados. Por mais que exista a presença de vegetação, ocorre ainda a presença de áreas com árvores espaçadas e pontos de solo expostos, suscetíveis a degradação e outras ações intempéries, principalmente a lixiviação em períodos chuvosos.

Os 60.993,00 m<sup>2</sup> da área estudada estão distribuídos em 15.672,70 m<sup>2</sup> de calçamento impermeável, dos quais 613,00 m<sup>2</sup> são de asfalto e cerca de 5.534,00 m<sup>2</sup> estão destinados a vagas de estacionamento e 16.164,93 m<sup>2</sup> é de solo exposto ou permeável e utilizado como via para pedestres, carros e como estacionamento. A área de estudo possui ainda 20.054,70 m<sup>2</sup> de telhado, sendo 3.101,40 m<sup>2</sup> já ocupados por painéis solares. Com relação à área verde, é possível identificar árvores com grandes copas, mas que muitas vezes apresenta solo sem vegetação rasteira (solo exposto).

A área de estudo foi subdividida em 10 subáreas menores, onde a área 01 possui 4.711,00 m<sup>2</sup> (7,7%), a área 02 possui 2.702,00 m<sup>2</sup> (4,4%), a área 03 possui 3.658,00 m<sup>2</sup> (6%), a área 04 possui 3.555,00 m<sup>2</sup> (5,8%), a área 05 possui 6.380,00 m<sup>2</sup> (10,5%), a área 06 possui 13.721,00 m<sup>2</sup> (22,5%), a área 07 possui 10.555,00 m<sup>2</sup> (17,3%), a área 08 possui o equivalente a 3.345,00 m<sup>2</sup> (5,5%), a área 09 possui 7.399,00 m<sup>2</sup> (12,1%) e a área 10 possui 4.937,00 m<sup>2</sup> (8,1%).

Por meio do quadro 6 é possível perceber que a técnica proposta com maior frequência de aparecimento foi a do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP), uma vez que nas 10 subáreas foram identificados 30 locais aptos à sua instalação, apresentando no mínimo um ponto, sendo a subárea 09 as que apresentaram maior quantidade de pontos.

A segunda maior frequência de aparecimento foi da técnica das trincheiras de infiltração (TI), uma vez que 15 pontos foram considerados adequados à sua instalação, sendo

a área 07 a que concentra uma maior quantidade de locais aptos à técnica de TI, em comparação com as demais técnicas para a mesma área, com 5 pontos.

A terceira maior frequência foram áreas cuja técnica do pavimento permeável (PP) é possível, com a identificação de 15 pontos onde é possível realizar a substituição total ou parcial do pavimento impermeável pelo permeável. As áreas 04 e 05 apresentam 5 pontos cada.

Em quarto lugar está a técnica dos poços de infiltração, ao todo foram identificadas 10 áreas adequadas à sua instalação, com a área 07 apresentando 4 locais aptos à instalação da técnica. Em quinto lugar está a técnica de adoção de áreas verdes, em associação às demais técnicas e em locais que apresentam solo exposto, tendo a área 08 dois locais aptos à implementação da técnica.

Os jardins de chuva ocupam a penúltima colocação dentre as técnicas propostas, identificada a possibilidade de implementação em 04 locais aptos, dentre os quais dois fazem parte da subárea 08. Em último lugar, não sendo proposto a nenhuma área, estão os telhados verdes, sua implementação foi limitada devido à ausência de informações sobre se o telhado possuiria ou não a capacidade de suportar o peso de suas camadas, sendo assim, não foi aconselhável a proposição deles.

O quadro 06, a seguir, é similar à leitura de uma tabela cruzada, linhas contém a sigla que representa a técnica estudada e as colunas representam a numeração utilizada para demarcar as subáreas. Sendo assim, através da leitura cruzada, as células destacadas representam a subárea onde cada técnica possui maiores áreas aptas à sua adoção.

Quadro 06: Quantitativo das técnicas por subárea.

| Técnicas Propostas | Subáreas |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Quantidade (n.º) |
|--------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|                    | 01       | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 |                  |
| <b>SAAP</b>        | 4        | 1  | 1  | 1  | 5  | 3  | 5  | 2  | 7  | 1  | 30               |
| <b>JDC</b>         | 1        | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 4                |
| <b>AV</b>          | 1        | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 0  | 0  | 5                |
| <b>TI</b>          | 4        | 2  | 1  | 0  | 2  | 0  | 5  | 1  | 0  | 0  | 15               |
| <b>PI</b>          | 1        | 2  | 1  | 0  | 1  | 0  | 4  | 1  | 0  | 0  | 10               |
| <b>PP</b>          | 2        | 0  | 2  | 4  | 4  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 15               |
| <b>TV</b>          | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                |

Fonte: Autora, 2024

## 6.1 Localização das técnicas e aplicação do fluxograma

### 6.1.1 Subárea 01

Para a subárea 01 foram criadas, com base nas características e usos apresentados anteriormente, 18 opções, chamadas de configurações, para utilização das técnicas estudadas. Duas dessas configurações (05 e 13) após a aplicação do fluxograma foram tidas como “Não aplicável”, nomenclatura utilizada para descrever que a configuração estudada não é adequada para o local analisado.

As configurações em questão podem aparecer com a mesma área de utilização ou contribuição estudada anteriormente, pois o objetivo deste estudo é identificar áreas propícias à utilização das diferentes técnicas estudadas e, o uso em conjunto é possível desde que adotado de modo que não interfira no funcionamento das outras técnicas associadas.

O quadro a seguir contempla todas as configurações utilizadas no teste do fluxograma, anteriormente apresentado através da figura 15. Na coluna de subárea é representada a configuração estudada e que será analisada. As colunas de área apresentam o quantitativo em m<sup>2</sup> que a coluna anterior representa. A distinção entre elas é que a primeira se refere a área de contribuição considerada e a segunda é a área requerida para instalação da técnica. A coluna “Execução e Resultado do Fluxograma” representa as respostas consideradas durante a execução que justificam o resultado obtido.

Quadro 07: Aplicação do fluxograma para a subárea 01.

| N.º | Subárea 01                                                                              | Área de contribuição ou utilizada (m <sup>2</sup> ) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (m <sup>2</sup> ) | Execução e Resultado do Fluxograma |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 01  | Substituição total do calçamento existente por pavimento permeável                      | 1.218,00                                            | 1.218,00                                                                 | Sim 4x, Não = Aplicável            |
| 02  | Substituição do calçamento por pavimento permeável nas vagas de estacionamento 1, 2 e 3 | 328,00                                              | 328,00                                                                   | Sim 4x, Não = Aplicável            |
| 03  | Instalação de SAAP (A) no telhado 01                                                    | 421,00                                              | 10,00                                                                    | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |

| N.º | Subárea 01                                                                              | Área de contribuição ou utilizada (m²)                                                    | Área mínima requerida para a proposta de implementação (m²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 04  | Instalação de SAAP (B) no Telhado 02 completo nas posições (AA) e (BB)                  | 626,00                                                                                    | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável                                                                                                                                              |
| 05  | Instalação de SAAP (C) com o Telhado 03 como área de contribuição                       | 123,00                                                                                    | 10,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (08) pois não existe a disponibilidade da área requerida para a instalação da técnica de forma que não atrapalhe os usos atuais |
| 06  | Instalação de SAAP (D) com o Telhado 04 como área de contribuição                       | 136,00                                                                                    | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável                                                                                                                                              |
| 07  | Instalação de SAAP (E) com o Telhado 05 como área de contribuição                       | 238,00                                                                                    | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável                                                                                                                                              |
| 08  | Jardim de Chuva (A) com áreas dos telhados propostos aos SAAP como área de contribuição | 1.421,00                                                                                  | 71,50                                                       | Sim 3x, Não 2x ou Sim 5x = Aplicável                                                                                                                                     |
| 09  | Instalação de Pavimento Permeável (B) associado à área verde (A) e (B)                  | 1879m² de solo exposto convertidos em 868m² de pavimento permeável e 608 m² de área verde | 1.879,00                                                    | Sim 4x, Não = Pavimento permeável é aplicável (para associar com área verde é necessário repetir fluxograma); Não 2x, Sim 2x = Aplicável para Área verde                 |
| 10  | Adotar área verde (C) em área atual de solo exposto                                     | 1.879,00                                                                                  | 1.879,00                                                    | Não 2x, Sim 2x = Aplicável para Área verde                                                                                                                               |
| 11  | Adotar o pavimento permeável (C) em área atual de solo exposto                          | 868                                                                                       | 868                                                         | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                                                                                  |

| N.º | Subárea 01                                                                                                                        | Área de contribuição ou utilizada (m²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (m²) | Execução e Resultado do Fluxograma      |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 12  | Poço de Infiltração (A) com áreas de todos os telhados como área de contribuição, exceto o 3, analisado nas posições (AA) e (BB)  | 1.421,00                               | 36,00 m² cada                                               | Sim 2x, Não 3x = Aplicável              |
| 13  | Poço de Infiltração (B) analisado nas posições (C), (D) e (E) com áreas de todos os telhados como área de contribuição exceto o 3 | 1.421,00                               | 36,00 m² cada                                               | Sim 2x, Não, Sim = <b>Não aplicável</b> |
| 14  | Trincheira de Infiltração (A) com os telhados 01 e 04 como área de contribuição                                                   | 557,00                                 | 31,70                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 15  | Trincheira de Infiltração (B) com o telhado 05 como área de contribuição                                                          | 238,00                                 | 16,60                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 16  | Trincheira de Infiltração (C) com o telhado 2A como área de contribuição                                                          | 418,00                                 | 67,30                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 17  | Trincheira de Infiltração (D) com o telhado 2B como área de contribuição                                                          | 208,00                                 | 58,10                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 18  | Trincheira de Infiltração (D) com o telhado 2 como área de contribuição                                                           | 626,00                                 | 58,10                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |

Fonte: Autora, 2024

Com isso, a figura 23 representa o cenário atual da área com identificação de telhados, solo exposto e calçamento impermeável. Na mesma figura estão contidas as propostas 1, 2 e 3 das localizações analisadas e obtidas após a aplicação do fluxograma. É possível perceber que as trincheiras de infiltração (C) e (D), estudadas nas configurações 16, 17 e 18 bem como os poços de infiltração (C), (D) e (E), estudado na configuração 13 estão localizadas em um acesso estreito, o que possivelmente implicaria numa dificuldade de acesso ou de proposição das técnicas em conjunto e até mesmo o uso da área atual. Porém, considerando a geometria

das trincheiras, sua aplicação ainda permitiria uma área de acesso maior quando se comparado aos poços de infiltração. As letras dentro dos quadrados, apresentados na figura a seguir e nas demais, representam a mesma nomenclatura utilizada no fluxograma, onde a presença de duas letras consecutivas representa uma variação de posição de uma mesma técnica proposta.

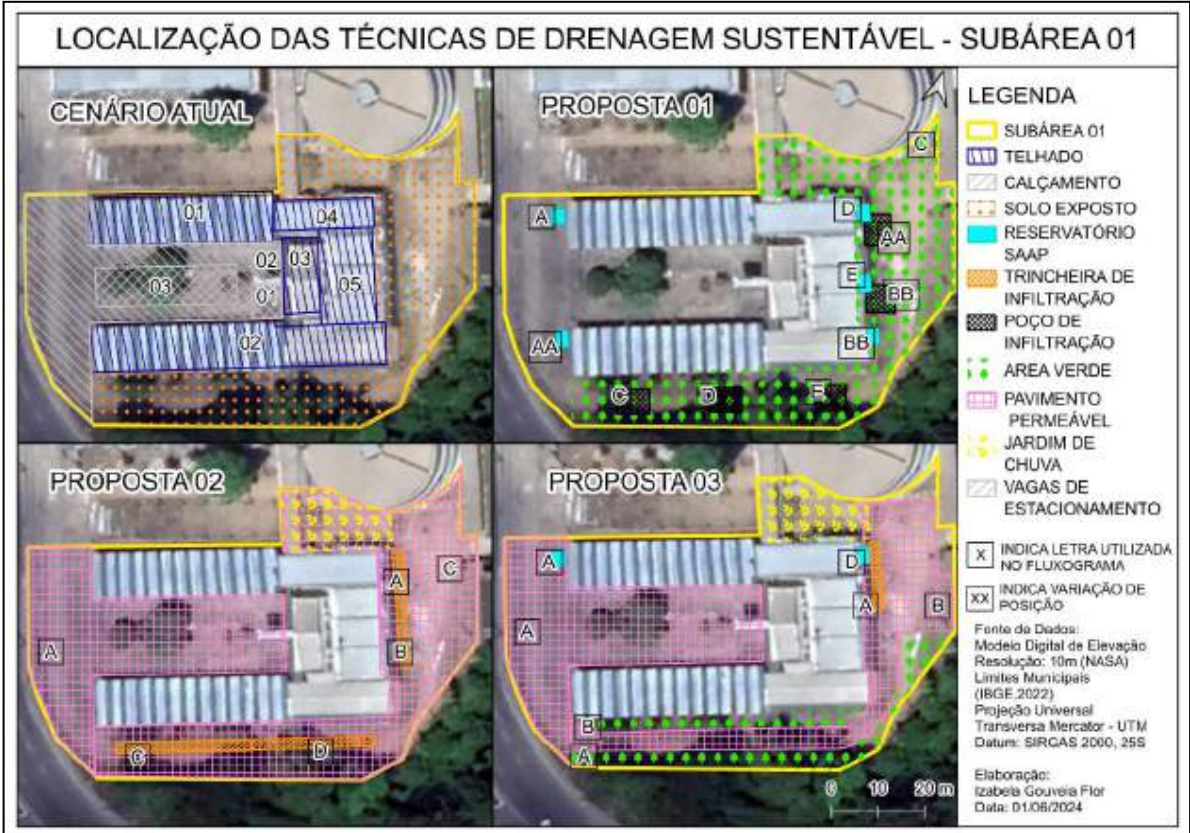
Ainda na proposta 01 é possível perceber que a área de solo exposto pode ser convertida em área verde, representada através da hachura verde e é identificado diferentes áreas aptas à implementação dos SAAP. A proposta 02 representa em sua maioria a substituição do calçamento, localização das trincheiras de infiltração, poços de infiltração e do jardim de chuva.

A proposta 03 é um cenário mais otimista, escolhido no intuito de comportar o maior número e maior variedade de técnicas que possam ser utilizadas sem que haja a sobreposição de área de contribuição ou utilizada, de forma negativa, onde ocorra interferência no funcionamento das mesmas. A dificuldade de acesso, representada pelo estreitamento da via de acesso causada pela localização das trincheiras e poços de infiltração anteriormente citada, também foi considerada para a proposição desse cenário.

Para a proposta 03 foram considerados então a associação da área verde, com a substituição do calçamento por um pavimento permeável e, considerando o solo exposto, foi identificado que a área é apta a implementação do pavimento permeável juntamente com a adoção de dois SAAPs e uma trincheira de infiltração, localizada próxima aos telhados 04 e 05.

A proposição da implementação do pavimento permeável na área de solo exposto deve ser estudada mais profundamente, considerando que o solo possui permeabilidade adequada e ainda a presença de tráfego leve de veículos e utilização para estacionamento de veículos, a implementação da técnica pode ser alternada com as demais ou ainda, pode permanecer o solo como esta até a presente data.

Figura 23: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 01.



Fonte: Autora, 2024.

6.1.2 Subárea 02

O mesmo procedimento adotado para a subárea 01 foi utilizado para as demais subáreas. O quadro a seguir contempla todas as configurações utilizadas no teste do fluxograma para a subárea 02. Foram propostas 06 configurações possíveis, das quais duas foram consideradas inviáveis, sendo elas as configurações 03 e 06.

Quadro 08: Aplicação do fluxograma para a subárea 02.

| N.º | Subárea 02                                                           | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma |
|-----|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 01  | Instalação de SAAP (A) com área do telhado como área de contribuição | 730,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável        |

| N.º | Subárea 02                                                                                                                  | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                              |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02  | Poço de Infiltração analisado nas posições (A) e (B) com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição         | 730,00                                 | 36,00 m² cada                                               | Sim 2x,Não,Sim = Aplicável                                                                      |
| 03  | Poço de Infiltração analisado na posição (C) com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição                 | 730,00                                 | 36,00 m²                                                    | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 04  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (A) com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição           | 730,00                                 | 46,30                                                       | Sim 2x,Não 2x = Aplicável                                                                       |
| 05  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (B) distintas com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição | 730,00                                 | 55,3                                                        | Sim 2x,Não 2x = Aplicável                                                                       |
| 06  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (C) distintas com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição | 730,00                                 | 54,7                                                        | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |

Fonte: Autora, 2024

Com isso, a figura 18 representa o cenário atual da área com identificação de telhados, solo permeável e passarelas cobertas e descobertas. A mesma figura representa ainda as demais propostas de localização obtidas após a aplicação do fluxograma. A proposta 03 representa o cenário mais otimista possível, definido através dos mesmos princípios expostos anteriormente para a subárea 01.

A área em questão foi caracterizada como área de solo permeável, pois apresenta maior cobertura vegetal e a ausência de tráfego de veículos, como percebido na área anterior. O tráfego da área em questão foi considerado como sendo apenas de pedestres, por isso, não foi estudada a necessidade de implementação de pavimento permeável. A localização das técnicas se baseou ainda na área delimitada onde a área de telhado mais acima não está inserida da área, sendo assim, não foi considerada para a proposição das técnicas, pois este é parte integrante de outra subárea.

Figura 24: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 02.



Fonte: Autora, 2024.

Comumente, as áreas de trincheiras de infiltração e dos poços de infiltração coincidem, pois possuem os mesmos critérios básicos, se diferenciando em maior parte pela disponibilidade de área. Caso a área possua maior disponibilidade de comprimento linear, as trincheiras são adotadas, caso contrário, os poços de infiltração são considerados a melhor opção.

## 6.1.3 Subárea 03

Na subárea 03 existem áreas de telhado, calçamento impermeável - que dá acesso à subárea 01, solo permeável e uma região definida como área descoberta, considerada para fins do estudo como uma área impermeável. Entretanto, cabe ressaltar que a parte interna, demarcado pela hachura quadriculada roxa, faz parte de um conjunto arquitetônico e que talvez não seja razoável a implementação na localidade proposta devido ao valor urbanístico. O quadro a seguir contempla todas as configurações utilizadas no teste do fluxograma para a subárea 03, ao todo foram estudadas 09 configurações distintas das quais quatro foram consideradas inviáveis, as configurações 03, 04, 06 e 08.

Quadro 09: Aplicação do fluxograma para a subárea 03.

| N.º | Subárea 03                                                                                                        | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                              |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01  | Substituição de calçamento por pavimento permeável                                                                | 511,00                                 | 511,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                         |
| 02  | Instalação de SAAP com área do telhado como área de contribuição analisado nas posições (A), (B) e (C)            | 1.816,00                               | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                                    |
| 03  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (A) com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição | 1.816,00                               | 33,80                                                       | <b>Não Aplicável</b> pela área de contribuição ser superior à área de contribuição máxima recomendada à técnica |
| 04  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (B) com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição | 1.816,00                               | 25,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área                 |
| 05  | Poço de Infiltração analisado nas posições (A) com área do telhado proposto ao SAAP como área de contribuição     | 1.816,00                               | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável                                                                                      |
| 06  | Poço de Infiltração analisado na posição (B) e (C) com área do telhado                                            | 1.816,00                               | 36,00 m² cada                                               | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença                                             |

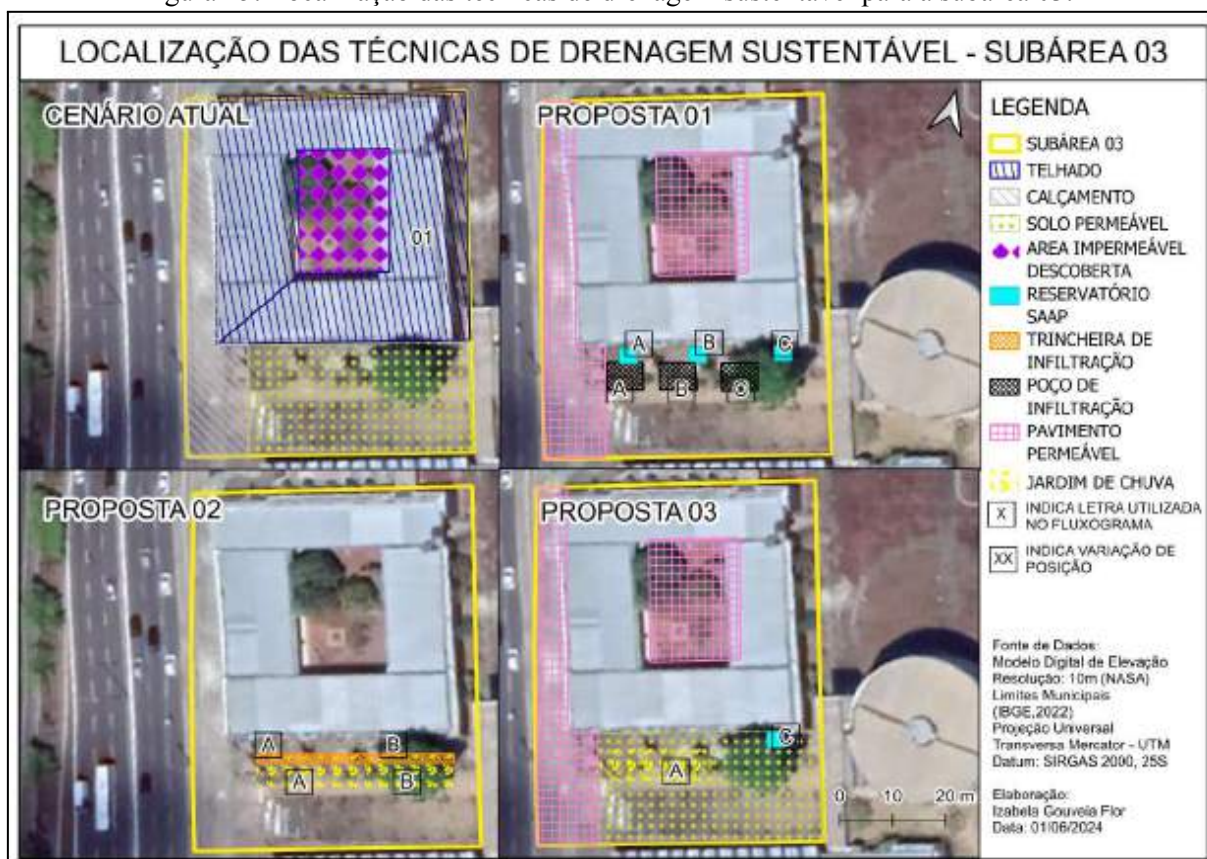
| N.º | Subárea 03                                                                                              | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | proposto ao SAAP como área de contribuição                                                              |                                        |                                                             | de raízes profundas na área                                                                     |
| 07  | Jardim de Chuva analisado na posição (A) com área do telhado proposta ao SAAP como área de contribuição | 1.816,00                               | 90,80                                                       | Sim 5x = Aplicável                                                                              |
| 08  | Jardim de Chuva analisado na posição (B) com área do telhado proposta ao SAAP como área de contribuição | 1.816,00                               | 90,80                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 09  | Substituição de área impermeável descoberta por pavimento permeável                                     | 397,00                                 | 397,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                         |

Fonte: Autora, 2024

A figura 25 representa o cenário atual da área, as propostas 01 e 02 apresentam as localizações obtidas após a aplicação do fluxograma e a proposta 03 representa o cenário mais otimista, definido através dos mesmos princípios expostos anteriormente para o cenário otimista. Com relação às técnicas aplicáveis, tem-se que não existe restrição quanto a substituição de calçamento por pavimento permeável, bem como não existem restrições para a instalação do SAAP, contudo, a área não é apta a instalação de nenhuma trincheira de infiltração e apenas o poço de infiltração da posição (A) é viável.

A proposta 03 é o cenário mais otimista, onde ocorre ainda a identificação de uma área apta à implementação do jardim de chuva analisado na posição (A). O jardim de chuva possui uma área requerida de instalação de 5% da área impermeável, tida como área de contribuição, considerando que o telhado presente na subárea possui 1816,00m², a área do jardim de chuva deve ser de no mínimo 90,80 m², porém na delimitação foi proposto cerca de 127m² de jardim de chuva, o suficiente para drenar uma área de contribuição de aproximadamente 2.540m².

Figura 25: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 03.



Fonte: Autora, 2024

Outro ponto analisado na subárea 03 é que, assim como percebido na subárea 02 esta subárea também foi caracterizada como área de solo permeável, apresentando maior cobertura vegetal e a ausência de tráfego de veículos, por isso não foi estudada a necessidade de implementação de pavimento permeável.

#### 6.1.4 Subárea 04

Para a subárea 04 foram estudadas seis diferentes configurações, onde apenas a configuração 05 foi tida como inviável. A configuração 05 analisa a área do telhado do bloco conhecido como “bolo de noiva” e assim como exposto no tópico anterior (6) não foi considerada como viável devido à falta de informações sobre a capacidade de suporte do telhado.

Quadro 10: Aplicação do fluxograma para a subárea 04.

| N.º | Subárea 04                                                                     | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01  | Substituição de calçamento 1 por pavimento permeável                           | 157,00                                 | 157,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                                                                                                                                                                           |
| 02  | Substituição de calçamento 2 por pavimento permeável (vagas de estacionamento) | 94,50                                  | 94,50                                                       | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                                                                                                                                                                           |
| 03  | Substituição de passarela descoberta por pavimento permeável                   | 234,00                                 | 234,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                                                                                                                                                                           |
| 04  | Instalação de SAAP no telhado do bloco conhecido como "bolo de noiva"          | 884,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                                                                                                                                                                                      |
| 05  | Adoção de telhado verde no bloco conhecido como "bolo de noiva"                | 884,00                                 | 884,00                                                      | <b>Não aplicável</b> pelo critério da literatura onde instrui que o telhado deve possuir a capacidade de comportar o peso da estrutura e camadas necessárias; Caso fosse conhecido que o peso é comportado, a aplicação do telhado verde nesse bloco seria viável |
| 06  | Substituição de área impermeável descoberta por pavimento permeável            | 1.365,40                               | 1.365,40                                                    | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: Autora, 2024.

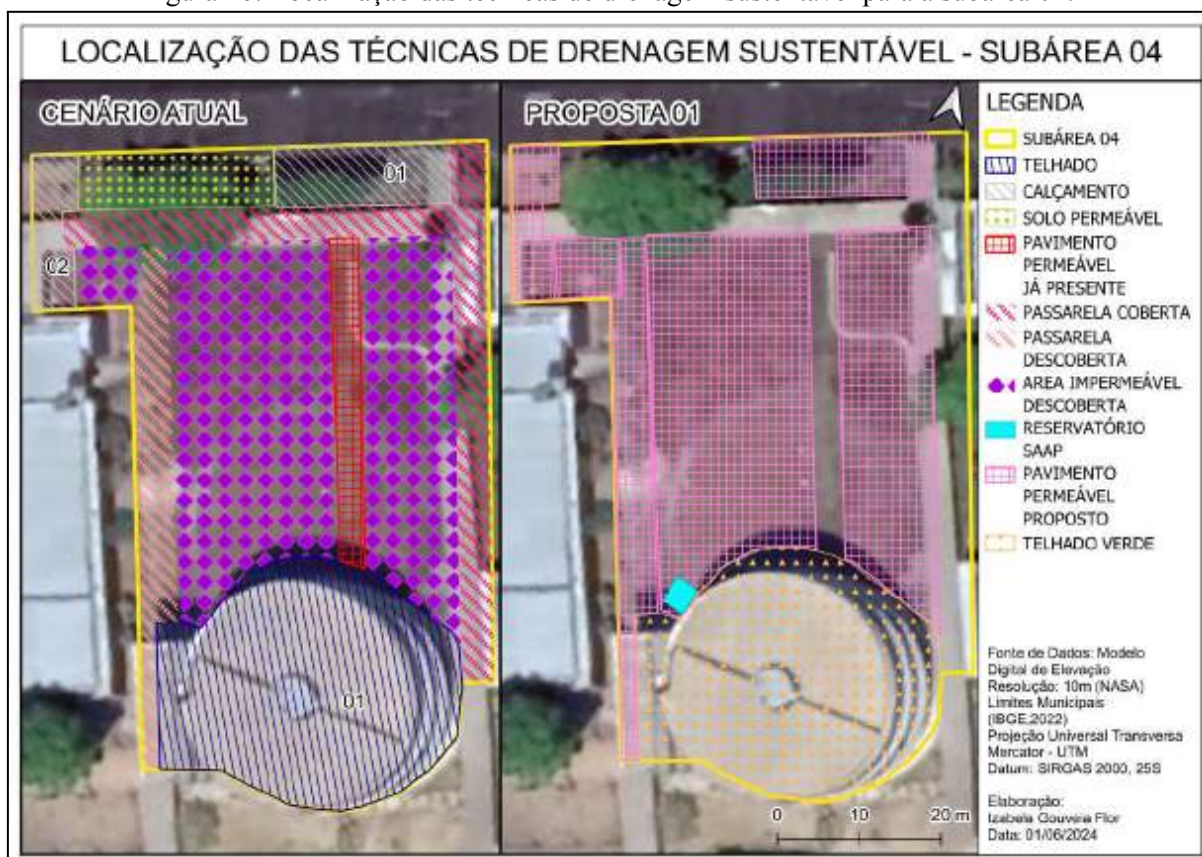
A figura 26 representa o cenário atual e a proposta 01 que já representa o cenário mais otimista para a área. Essa definição ocorreu por meio dos mesmos princípios expostos anteriormente para este tipo de cenário. Devido às possibilidades levantadas e usos atuais da área, o resultado do fluxograma foi considerado como o cenário otimista, pois nenhuma das

técnicas propostas atrapalha o funcionamento da outra, com exceção da aplicabilidade do telhado verde.

Foi analisada como viável a substituição dos calçamentos, vagas de estacionamento, coberturas impermeáveis e ainda, a área classificada como passarela descoberta por pavimento permeável, destacado em rosa na figura abaixo e a instalação de um SAAP cuja área de contribuição é o telhado, o SAAP é destacado com azul ciano. A subárea estudada, possui ainda 130m<sup>2</sup> de pavimento permeável já instalado (presente), destacado na figura 20 por meio da hachura quadriculada vermelha. A subárea em questão também é utilizada como pátio de eventos do centro e não possui a presença de tráfego de veículos, o que mais uma vez é favorável para a adoção do pavimento permeável.

Com relação ao telhado verde, assim como exposto no quadro anterior, não se sabe sobre a capacidade de suporte dele, o que resultou em uma configuração não aplicável. A UFPB possui um padrão de construção mais horizontal e dentro do Centro de Tecnologia o padrão é seguido, ou seja, a área de estudo não possui muitas edificações verticais maiores do que o recomendado pela legislação, que a edificação ao qual o telhado verde será instalado possua mais do que 3 unidades agrupadas verticalmente.

Figura 26: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 04.



Fonte: Autora, 2024.

### 6.1.5 Subárea 05

Na execução do fluxograma, a subárea 05 apresentou 21 configurações testadas onde 08 foram tidas como não aplicáveis, entre elas estão as configurações 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20 e 21 que representam configurações relativas à aplicação de poços e trincheiras de infiltração. O quadro a seguir contempla todas as configurações de forma detalhada utilizadas no teste do fluxograma para a subárea.

Para a subárea em questão, ocorreu uma maior quantidade de áreas viáveis a implementação dos SAAPs e substituição de calçamento por pavimento permeável, sendo identificado ao todo 05 e 04 áreas respectivamente. Ainda para a área foi identificada a aptidão de uma área para ser convertida em área verde e 02 trincheiras e 01 poço de infiltração. Novamente, assim como as demais áreas, a proposição de telhado verde foi tida como “Não aplicável”.

Quadro 11: Aplicação do fluxograma para a subárea 05.

| N.º | Subárea 05                                                                                            | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 01  | Instalação de SAAP com o telhado 01 como área de contribuição analisado nas posições (AA), (BB), (CC) | 1.194,00                               | 10 m² para cada                                             | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 02  | Instalação de SAAP (D) com o Telhado 02 como área de contribuição                                     | 110,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 03  | Instalação de SAAP com o Telhado 03 como área de contribuição analisado nas posições (EE) e (FF)      | 576,00                                 | 10 m² para cada                                             | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 04  | Instalação de SAAP (G) com o telhado 04 como área de contribuição                                     | 178,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 05  | Instalação de SAAP (H) com o telhado 05 como área de contribuição                                     | 126,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 06  | Adotar área verde em área atual de solo exposto                                                       | 1.042,00                               | 1.042,00                                                    | Não 2x, Sim 2x = Aplicável         |
| 07  | Substituição de calçamento 01 por pavimento permeável (vagas de estacionamento)                       | 218,00                                 | 218,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável            |
| 08  | Substituição de calçamento 02 por pavimento permeável                                                 | 285,00                                 | 285,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável            |
| 09  | Substituição de calçamento 03 por pavimento permeável                                                 | 447,00                                 | 447,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável            |
| 10  | Substituição de passarela descoberta por pavimento permeável                                          | 181,00                                 | 181,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável            |

| N.º | Subárea 05                                                                                                                | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (A) com área do telhado 01 proposto ao SAAP como área de contribuição      | 1.194,00                               | 40,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 12  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (B) com área do telhado 01 proposto ao SAAP como área de contribuição      | 1.194,00                               | 45,60                                                       | Sim 2x, Não, Sim= Aplicável                                                                        |
| 13  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (C) com área do telhado 03 proposto ao SAAP como área de contribuição      | 576,00                                 | 25,20                                                       | Sim 2x, Não 2x= Aplicável                                                                          |
| 14  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (C) com área do telhado 04 proposto ao SAAP como área de contribuição      | 178,00                                 | 25,20                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 15  | Trincheira de Infiltração analisada na posição (C) com área do telhado 03 e 04 proposto ao SAAP como área de contribuição | 754,00                                 | 25,20                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 16  | Poço de Infiltração analisado nas posições (A) e (C) com área do telhado 01 proposto ao SAAP como área de contribuição    | 1.194,00                               | 36 m² cada                                                  | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 17  | Poço de Infiltração analisado nas posições (B), (D) e (E) com área                                                        | 1.194,00                               | 36 m² cada                                                  | Sim 2x, Não, Sim= Aplicável                                                                        |

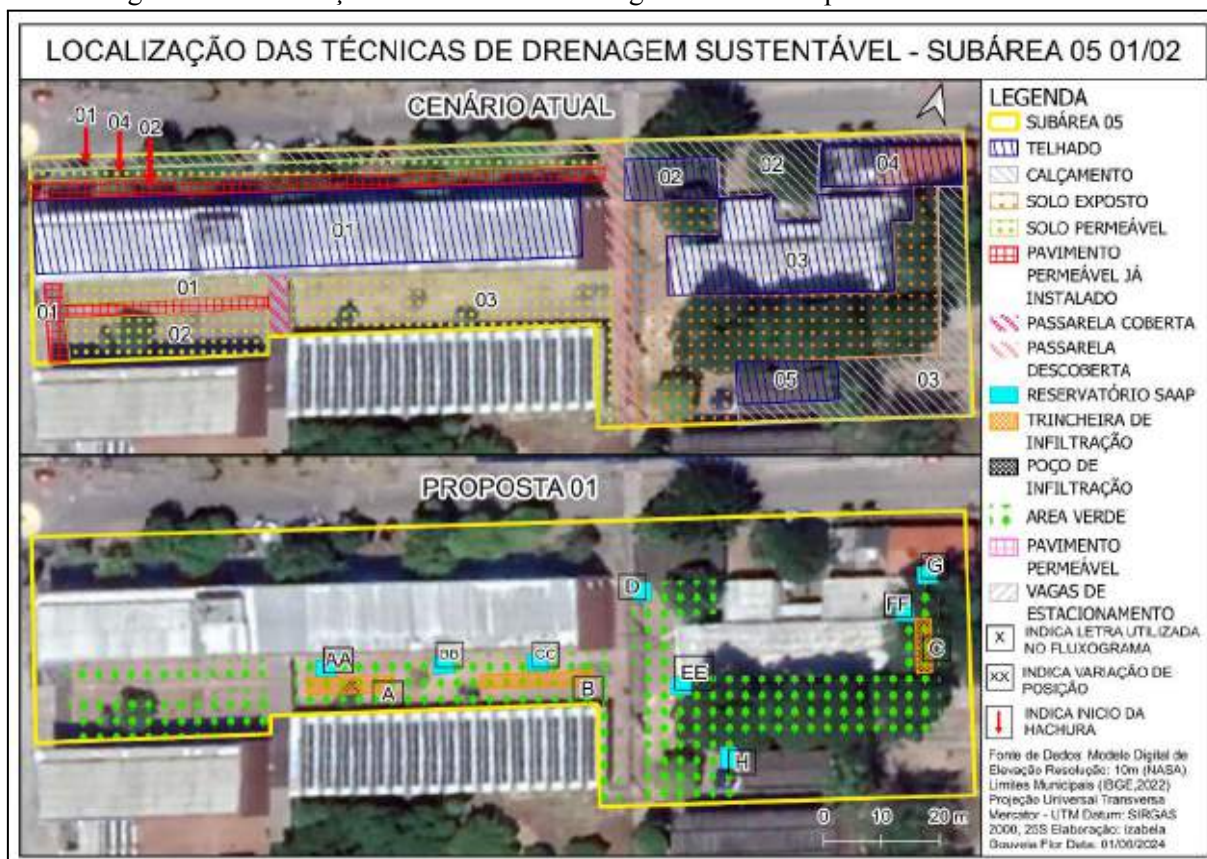
| N.º | Subárea 05                                                                                     | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | do telhado 01 proposto ao SAAP como área de contribuição                                       |                                        |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 18  | Poço de Infiltração (F) com área do telhado 02 proposto ao SAAP como área de contribuição      | 110,00                                 | 36,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área                                                                                                                                                                   |
| 19  | Poço de Infiltração (G) com área do telhado 03 e 04 proposto ao SAAP como área de contribuição | 754,00                                 | 36 m² cada                                                  | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área                                                                                                                                                                   |
| 20  | Poço de Infiltração (H) com área do telhado 05 proposto ao SAAP como área de contribuição      | 123,00                                 | 36,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área                                                                                                                                                                   |
| 21  | Adoção de telhado verde no telhado 01                                                          | 1.194,00                               | 1.194,00                                                    | <b>Não aplicável</b> pelo critério da literatura onde instrui que o telhado deve possuir a capacidade de comportar o peso da estrutura e camadas necessárias; Caso fosse conhecido que o peso é comportado, a aplicação do telhado verde nesse bloco seria viável |

Fonte: Autora, 2024

Diferentemente das demais subáreas, esta é mais horizontal, sendo assim foram necessárias a construção das figuras 27 e 28. A subárea possui ainda hachuras muito próximas, onde foi necessário o auxílio de uma seta, representada na cor vermelha, para indicar a qual hachura está se referindo. Foi representado o cenário atual da área e as

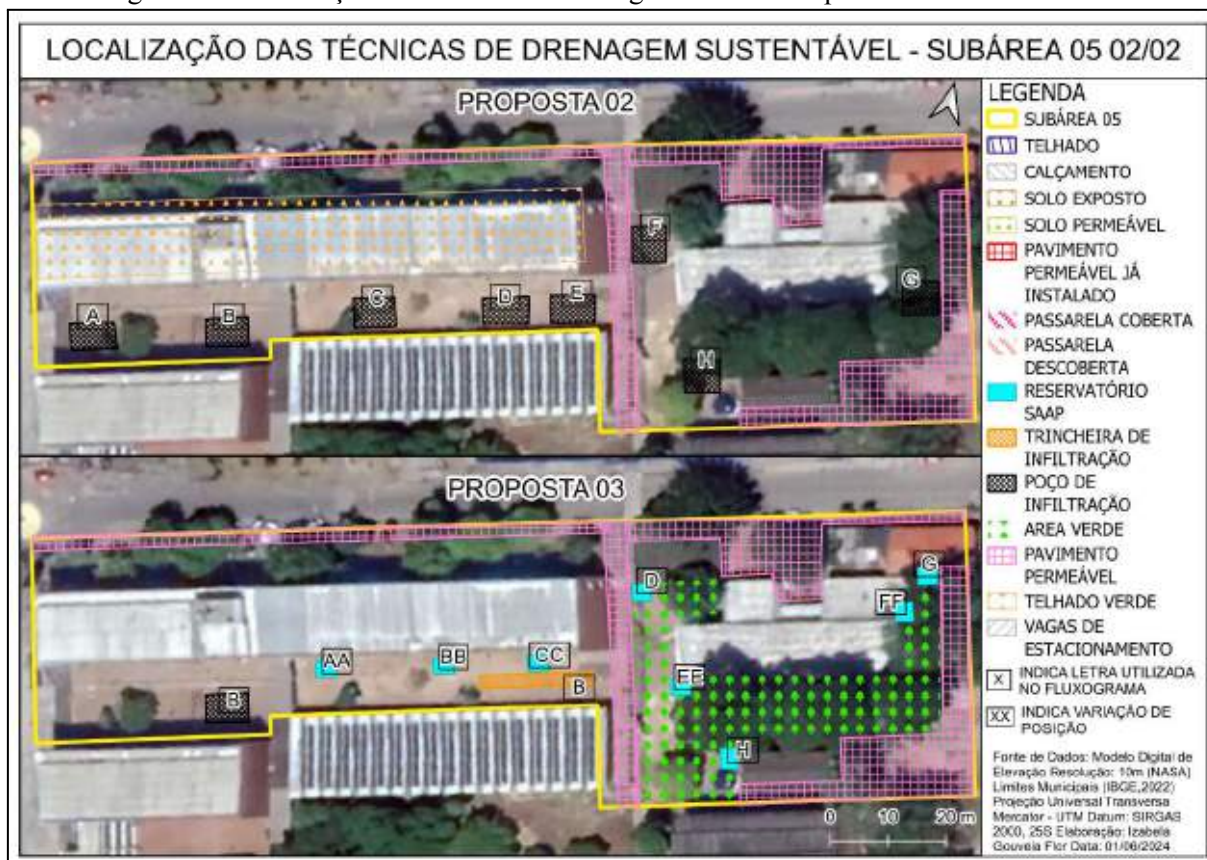
propostas 01, 02 e 03 de localização obtidas após a aplicação do fluxograma. A proposta 03 foi utilizada para representar o cenário mais otimista, definido através dos mesmos princípios expostos anteriormente para o cenário otimista das demais subáreas já estudadas.

Figura 27: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 01/02.



Fonte: Autora, 2024.

Figura 28: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 02/02.



Fonte: Autora, 2024.

As técnicas foram tidas como não viáveis devido à presença de raízes na área de árvores recém-plantadas ou já adultas, sendo assim, as técnicas justificadas por esse critério visou a não remoção dos indivíduos. A presença é percebida, principalmente nas árvores mais jovens, através da visita à área de estudo. A subárea também já apresentou 403,00 m<sup>2</sup> de pavimento permeável já instalado e o telhado 01, representado pela hachura azul-escuro, que seria apto a instalação do telhado verde devido a possuir mais do que 3 unidades agrupadas verticalmente desde que se conhecesse sobre a sua capacidade de suporte.

#### 6.1.6 Subárea 06

Na execução do fluxograma, a subárea 06 apresentou 11 configurações testadas onde 03 foram tidas como não aplicáveis, entre elas estão as configurações 7, 9, e 10 que representam configurações relativas à aplicação de pavimento permeável e telhado verde. O

quadro a seguir contempla todas as configurações de forma detalhada utilizadas no teste do fluxograma para a subárea.

Quadro 12: Aplicação do fluxograma para a subárea 06.

| N.º | Subárea 06                                                                                                 | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma      |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 01  | Instalação de SAAP (A) com área do telhado 01 como área de contribuição analisado nas posições (AA) e (BB) | 1.012,00                               | 10,00 m² cada                                               | Não, Sim, Não 2x= Aplicável             |
| 02  | Instalação de SAAP (B) com área do telhado 03 como área de contribuição                                    | 468,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável             |
| 03  | Instalação de SAAP (C) com área do telhado 04 como área de contribuição                                    | 124,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável             |
| 04  | Instalação de SAAP (C) com área do telhado 05 como área de contribuição                                    | 1.034,00                               | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável             |
| 05  | Instalação de SAAP (C) com área do telhado 04 e 05 como área de contribuição                               | 1.158,00                               | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x= Aplicável             |
| 06  | Substituição de calçamento 01 por pavimento permeável apenas nas vagas de estacionamento (1 à 17)          | 4.589,00                               | 4.589,00                                                    | Sim 4x, Não = Aplicável                 |
| 07  | Substituição de calçamento 01 por pavimento permeável na totalidade                                        | 9.379,20                               | 9.379,20                                                    | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não Aplicável</b> |
| 08  | Substituição dos calçamentos 2, 3 e 4 por pavimento permeável (calçadas de entrada do centro)              | 200,20                                 | 200,20                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável                 |
| 09  | Substituição de asfalto por pavimento permeável                                                            | 613,00                                 | 613,00                                                      | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não Aplicável</b> |

| N.º | Subárea 06                                                   | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10  | Adoção de telhado verde no telhado 01                        | 404,00                                 | 404,00                                                      | <b>Não aplicável</b> pelo critério da literatura onde instrui que o telhado deve possuir a capacidade de comportar o peso da estrutura e camadas necessárias; Caso fosse conhecido que o peso é comportado, a aplicação do telhado verde nesse bloco seria viável |
| 11  | Substituição de passarela descoberta por pavimento permeável | 109,00                                 | 109,00                                                      | Sim 4x, Não = Aplicável                                                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: Autora, 2024.

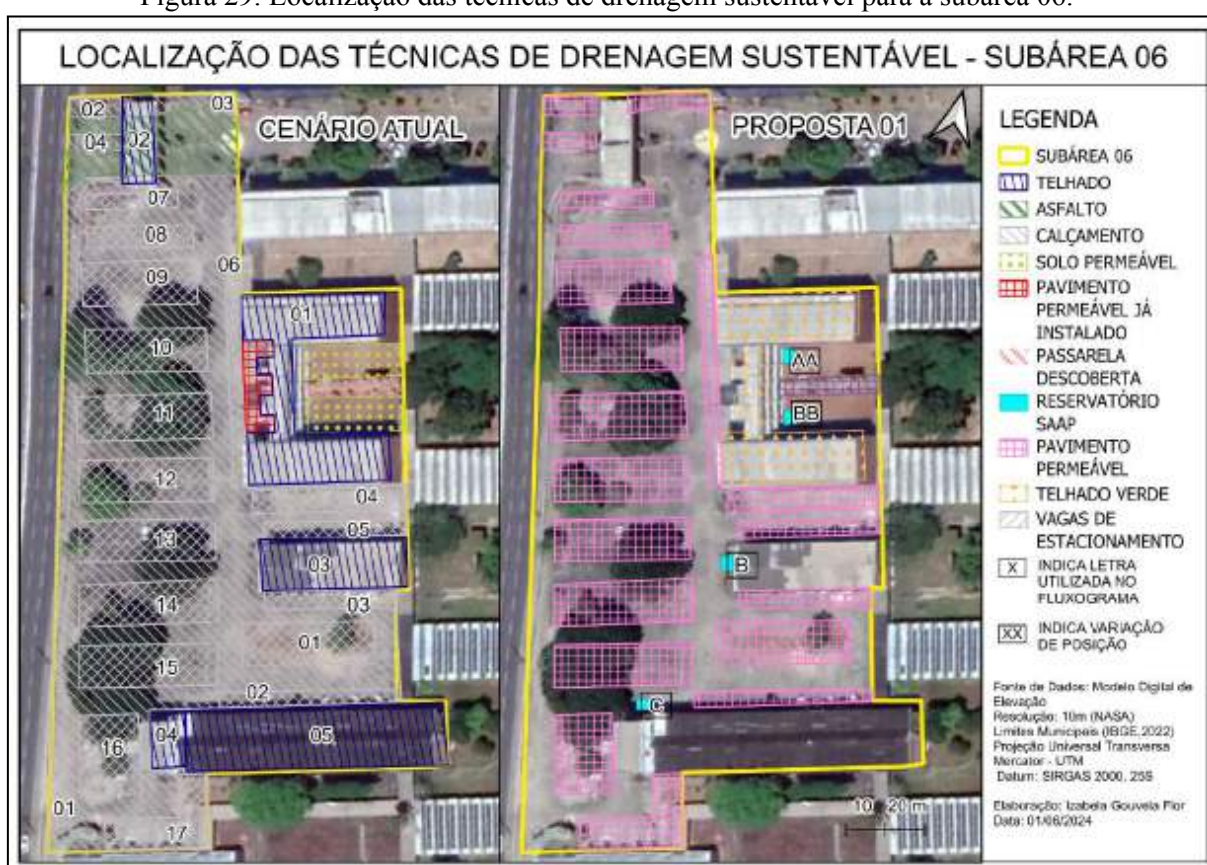
A figura 29 representa o cenário atual da área e a proposta 01 representa o cenário mais otimista e representa as propostas de localização obtidas após a aplicação do fluxograma definido através dos mesmos princípios expostos anteriormente para o cenário otimista. O telhado 01, representado pela hachura azul-escuro, seria apto para a instalação do telhado verde devido a possuir mais do que 3 unidades agrupadas verticalmente desde que se conhecesse a sua capacidade de suporte, como não se sabe, a configuração 10 que estuda essa possibilidade foi tida como “Não Aplicável” devido à ausência de informações complementares sobre a sua capacidade de suporte. Porém, o mesmo telhado, através da configuração 01 e disponibilidade de área, foi favorável à implementação de SAAPs.

A área em questão possui seu maior uso como área de estacionamento, porém, apenas a parcela relativa às vagas de estacionamento foram consideradas aptas a substituição do pavimento atual por pavimento permeável. Dessa forma a proposição é mais viável, seguindo como base os estudos mencionados no embasamento teórico e ainda considerando que a área

está localizada no começo do centro e possui o tráfego mais intenso de veículos, o que afetaria a eficiência da técnica.

Nesta subárea foi percebido ainda uma parcela de pavimento permeável, destacada novamente pela cor vermelha, a área em questão possui 135,00 m<sup>2</sup>. As hachuras azul-escuro referente ao telhado e verde-escuro referente ao asfalto, se sobrepõe no cenário atual, pois o telhado é a cobertura da entrada do centro e o solo é asfaltado na entrada, sendo assim, a sobreposição na representação gráfica não deve ser considerada como um erro.

Figura 29: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 06.



Fonte: Autora, 2024.

### 6.1.7 Subárea 07

Na execução do fluxograma, a subárea 07 apresentou 22 configurações testadas onde 07 foram tidas como não aplicáveis, são elas as configurações 7, 9, 12, 15, 17 e 22 que representam configurações relativas à aplicação de trincheiras e poços de infiltração. O

quadro a seguir contempla todas as configurações de forma detalhada utilizadas no teste do fluxograma para a subárea em questão.

Quadro 13: Aplicação do fluxograma para a subárea 07.

| N.º | Subárea 07                                                                                                        | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                              |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01  | Instalação de SAAP (A) com área do telhado 1 como área de contribuição analisado nas posições (AA), (BB), (CC)    | 728,00                                 | 10,00m² cada                                                | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                    |
| 02  | Instalação de SAAP (B) com área do telhado 2 como área de contribuição analisado nas posições (D), (E), (F) e (G) | 764,00                                 | 10,00m² cada                                                | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                    |
| 03  | Instalação de SAAP (C) com área do telhado 3 como área de contribuição analisado nas posições (H), (I), (J) e (K) | 770,00                                 | 10,00m² cada                                                | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                    |
| 04  | Instalação de SAAP (D) com área do telhado 4 como área de contribuição analisado nas posições (L), (M), (N) e (O) | 789,00                                 | 10,00m² cada                                                | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                    |
| 05  | Instalação de SAAP (E) com área do telhado 5 como área de contribuição analisado nas posições (P) e (Q)           | 736,00                                 | 10,00m² cada                                                | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                                    |
| 06  | Adotar área verde em área atual de solo exposto                                                                   | 1.577,00                               | 1.577,00                                                    | Não 2x, Sim 2x = Aplicável                                                                      |
| 07  | Trincheira de Infiltração (A) analisada na posição (AA) com área do telhado 1 como área de contribuição           | 728,00                                 | 50,30                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |

| N.º | Subárea 07                                                                                                       | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                                 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08  | Trincheira de Infiltração (A) analisada na posição (BB) com área do telhado 1 como área de contribuição          | 728,00                                 | 43,10                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim= Aplicável                                                                     |
| 09  | Trincheira de Infiltração (B) analisada nas posições (CC) e (DD) com área do telhado 2 como área de contribuição | 764,00                                 | 54,4 ; 51,1                                                 | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 10  | Trincheira de Infiltração (B) analisada na posição (E) com área do telhado 2 como área de contribuição           | 764,00                                 | 16,50                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim= Aplicável                                                                     |
| 11  | Trincheira de Infiltração (C) analisada nas posições (F) e (H) com área do telhado 3 como área de contribuição   | 770,00                                 | 49,00 ; 44,00                                               | Sim 2x, Não 2x, Sim= Aplicável                                                                     |
| 12  | Trincheira de Infiltração (C) analisada na posição (G) com área do telhado 3 como área de contribuição           | 770,00                                 | 38,20                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 13  | Trincheira de Infiltração (D) analisada na posição (I) com área do telhado 4 como área de contribuição           | 789,00                                 | 60,00                                                       | Sim 2x, Não 2x = Aplicável                                                                         |
| 14  | Trincheira de Infiltração (E) analisada na posição (J) com área do telhado 5 como área de contribuição           | 736,00                                 | 41,60                                                       | Sim 2x, Não 2x = Aplicável                                                                         |
| 15  | Trincheira de Infiltração (E) analisada na posição (K) com área do telhado 5 como área de contribuição           | 736,00                                 | 34,60                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9)<br>Pois existe a presença de raízes profundas na área |

| N.º | Subárea 07                                                                                        | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16  | Poço de Infiltração (A) com área do telhado 1 como área de contribuição                           | 728,00                                 | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável                                                                      |
| 17  | Poço de Infiltração (B) analisado na posição (AA) com área do telhado 2 como área de contribuição | 764,00                                 | 36,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 18  | Poço de Infiltração (B) analisado na posição (BB) com área do telhado 2 como área de contribuição | 764,00                                 | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável                                                                      |
| 19  | Poço de Infiltração (C) com área do telhado 3 como área de contribuição                           | 770,00                                 | 36,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |
| 20  | Poço de Infiltração (D) com área do telhado 4 como área de contribuição                           | 789,00                                 | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável                                                                      |
| 21  | Poço de Infiltração (E) analisado na posição (EE) com área do telhado 5 como área de contribuição | 736,00                                 | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável                                                                      |
| 22  | Poço de Infiltração (E) analisado na posição (FF) com área do telhado 5 como área de contribuição | 736,00                                 | 36,00                                                       | <b>Não Aplicável</b> pelo questionamento (9) Pois existe a presença de raízes profundas na área |

Fonte: Autora, 2024.

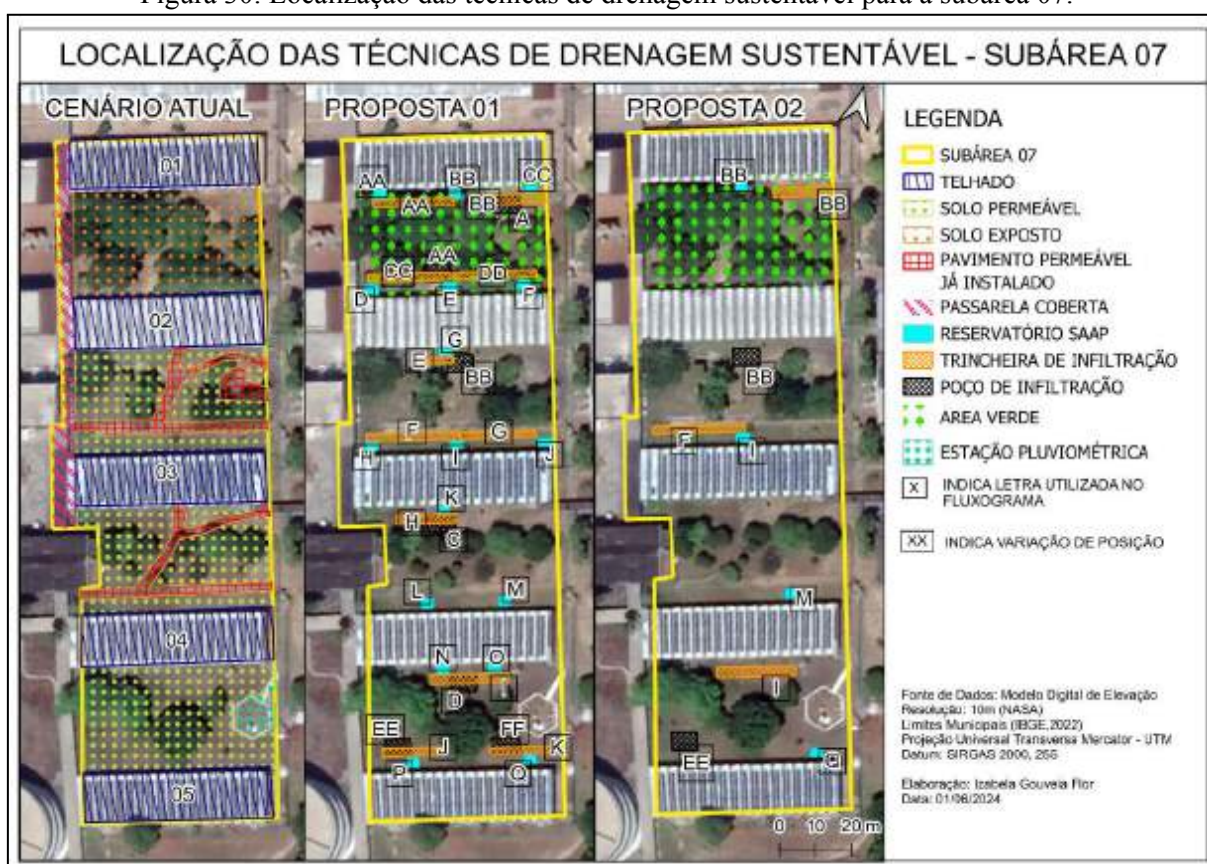
A figura 30 representa o cenário atual da área, as propostas 01 e 02 representam as localizações das técnicas propostas conforme o resultado do fluxograma, onde a proposta 02 representa o cenário mais otimista. O cenário otimista foi definido por meio das propostas de localização obtidas após a aplicação do fluxograma e dos mesmos princípios expostos anteriormente para esse tipo de cenário. Foi considerada a adoção de apenas um SAAP por

telhado, com exceção ao telhado 02, ao qual foi priorizada a proposta do poço de infiltração na posição BB.

Assim como as subáreas 03, 05 e 06, a subárea 07 também apresenta uma parcela de pavimento permeável de 650,90m<sup>2</sup> utilizada entre os telhados e como via de acesso às subáreas ao redor. Com relação ao solo, apenas a área que se localiza entre os telhados 01 e 02 foi considerada como exposta, por ser localizada mais próximo à entrada do centro e ainda por não possuir vegetação rasteira, o que acontece com as demais áreas, caracterizadas apenas como solo permeável. As áreas de solo permeável estão mais protegidas, pois apresentam visualmente mais vegetação rasteira e ainda a presença do pavimento permeável.

A subárea 07 apresenta uma abundância de árvores já adultas, o que dificulta a implementação das trincheiras ou poços de infiltração, porém ao longo da aplicação do fluxograma, localizações apresentadas nas configurações 08, 10, 11, 13 e 14 são aplicáveis às trincheiras de infiltração e as 18, 20 e 21 são aplicáveis aos poços de infiltração.

Figura 30: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 07.



Fonte: Autora, 2024.

## 6.1.8 Subárea 08

Na execução do fluxograma para a subárea 08 foram testadas 21 configurações onde as configurações 13, 14, 20 e 21 não são viáveis de implementação no local estudado. Os resultados negativos das configurações mencionadas são relativos à substituição do pavimento atual por pavimento permeável e também relativos à implementação dos jardins de chuva.

Para as configurações 15, 16, 17, 18 e 19 que se referem a implementação dos jardins de chuva foram consideradas a área mínima necessária à proporção estabelecida pela literatura, ou seja, a área do jardim deve ser no mínimo a 5% da área impermeável. Porém, a proposição das áreas é superior ao mínimo estabelecido, sendo igual a 82,50 m<sup>2</sup> para o jardim de chuva (A), 55,3 m<sup>2</sup> para o jardim de chuva (B) e 66,20 m<sup>2</sup> para o jardim de chuva (C). Com base nas áreas propostas, os jardins possuem área suficiente para drenar 1.650 m<sup>2</sup>, 1.106 m<sup>2</sup> e 1.106 m<sup>2</sup> de área impermeável cada, respectivamente.

Quadro 14: Aplicação do fluxograma para a subárea 08.

| N.º | Subárea 08                                                                                                | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 01  | Instalação de SAAP (A) com área do telhado 1 como área de contribuição analisado nas posições (AA) e (BB) | 297,00                                 | 10,00 m² cada                                               | Não, Sim, Não 2x= Aplicável                |
| 02  | Instalação de SAAP (B) com área do telhado 2 como área de contribuição analisado nas posições (C) e (D)   | 799,00                                 | 10,00 m² cada                                               | Não, Sim, Não 2x= Aplicável                |
| 03  | Adotar área verde (A) em área atual de solo exposto 1                                                     | 606,00                                 | 606,00                                                      | Não 2x, Sim 2x = Aplicável para Área verde |
| 04  | Adotar área verde (B) em área atual de solo exposto 2                                                     | 350,00                                 | 350,00                                                      | Não 2x, Sim 2x = Aplicável para Área verde |
| 05  | Trincheira de Infiltração (A) com área do telhado 1 como área de contribuição                             | 297,00                                 | 26,10                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável            |

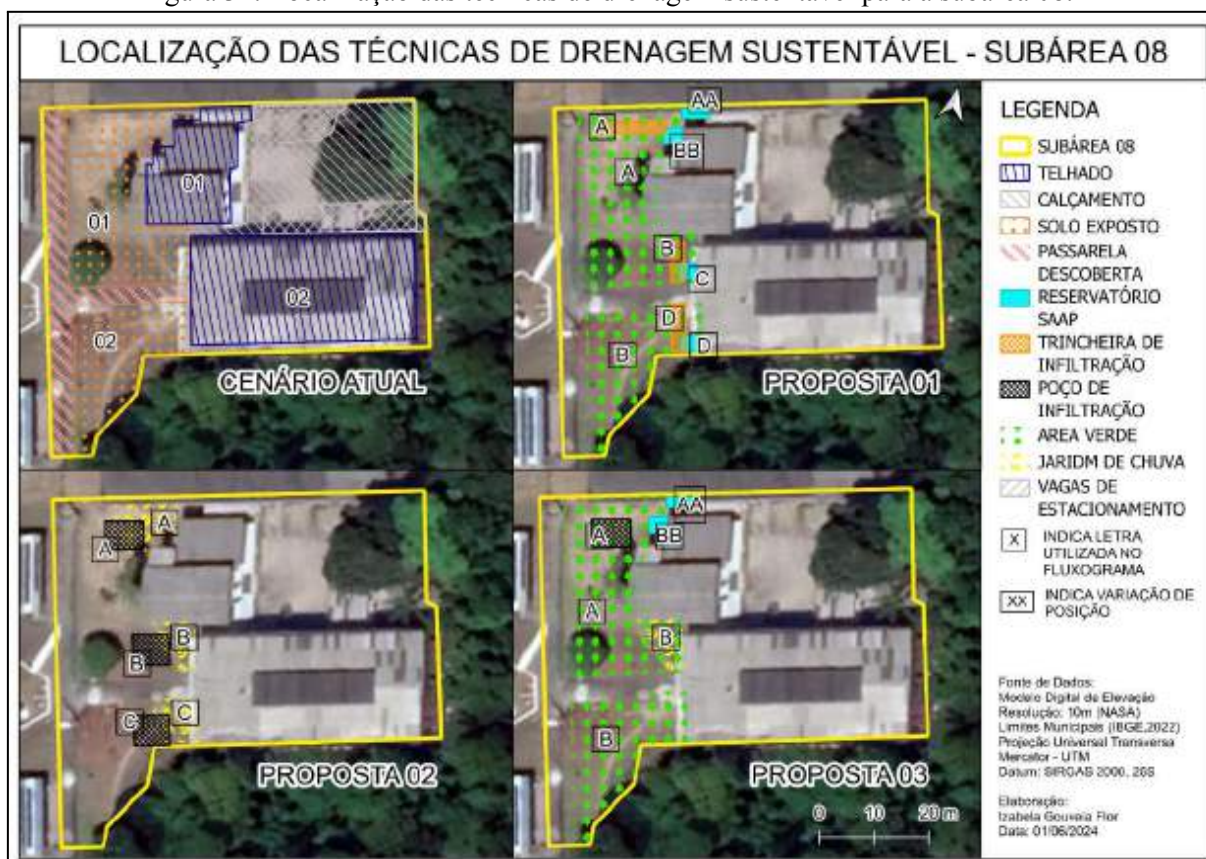
| N.º | Subárea 08                                                                          | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma      |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 06  | Trincheira de Infiltração (B) com área do telhado 1 como área de contribuição       | 297,00                                 | 17,70                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 07  | Trincheira de Infiltração (C) com área do telhado 2 como área de contribuição       | 799,00                                 | 22,60                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 08  | Trincheira de Infiltração (C) com área dos telhados 1 e 2 como área de contribuição | 1.096,00                               | 22,60                                                       | Sim 2x, Não 2x, Sim = Aplicável         |
| 09  | Poço de Infiltração (A) com área do telhado 1 como área de contribuição             | 1.096,00                               | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável              |
| 10  | Poço de Infiltração (B) com área do telhado 1 como área de contribuição             | 1.096,00                               | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável              |
| 11  | Poço de Infiltração (C) com área do telhado 2 como área de contribuição             | 799,00                                 | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável              |
| 12  | Poço de Infiltração (B) com área do telhado 1 e 2 como áreas de contribuição        | 1.096,00                               | 36,00                                                       | Sim 2x, Não 3x = Aplicável              |
| 13  | Substituição total do calçamento por pavimento permeável                            | 751,00                                 | 751,00                                                      | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não aplicável</b> |
| 14  | Substituição de calçamento por pavimento permeável nas vagas de estacionamento      | 287,00                                 | 287,00                                                      | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não aplicável</b> |
| 15  | Jardim de Chuva (A) com áreas do telhado 1 como área de contribuição                | 297,00                                 | 14,85                                                       | Sim 5x = Aplicável                      |
| 16  | Jardim de Chuva (C) com área do telhado 2 como área de contribuição                 | 799,00                                 | 39,95                                                       | Sim 5x = Aplicável                      |

| N.º | Subárea 08                                                                                    | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 17  | Jardim de Chuva (B) com áreas do telhado 1 e 2 como área de contribuição                      | 1.096,00                               | 54,80                                                       | Sim 5x = Aplicável                                                       |
| 18  | Jardim de Chuva (B) com áreas do telhado 1 e solo exposto 1 como área de contribuição         | 903,00                                 | 45,15                                                       | Sim 5x = Aplicável                                                       |
| 19  | Jardim de Chuva (C) com áreas do telhado 2 e solo exposto 2 como área de contribuição         | 1.149,00                               | 57,45                                                       | Sim 5x = Aplicável                                                       |
| 20  | Jardim de Chuva (B) com áreas do telhado 1,2 e solos expostos 1 como área de contribuição     | 1.702,00                               | 85,10                                                       | <b>Não aplicável</b> pois a área proposta é inferior à mínima necessária |
| 21  | Jardim de Chuva (C) com áreas do telhado 1,2 e solos expostos 1 e 2 como área de contribuição | 2.052,00                               | 102,60                                                      | <b>Não aplicável</b> pois a área proposta é inferior à mínima necessária |

Fonte: Autora, 2024.

A figura 31 representa o cenário atual da área, as propostas 01 e 02 representam as localizações das técnicas propostas conforme o resultado do fluxograma e a proposta 03 representa o cenário mais otimista. As propostas de localização foram obtidas após a aplicação do fluxograma definido considerando os mesmos princípios expostos anteriormente utilizados para a definição do cenário otimista das demais subáreas.

Figura 31: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 08.



Fonte: Autora, 2024.

A subárea 08 possui a presença de dois telhados, duas áreas de solo exposto e uma área de calçamento impermeável onde também foi identificado a área das vagas de estacionamento para a proposição da configuração 14. Ainda assim, com relação à implantação ou substituição do calçamento por pavimento permeável ambas as configurações (13 e 14) tiveram o resultado “Não Aplicável” pela execução do fluxograma, assim como percebido na subárea 06, a subárea 08 também possui limitação quanto a técnica devido à presença de um tráfego mais intenso de veículos, inclusive de veículos pesados, este ponto é justificado por meio da presença de laboratórios e oficinas que estão inseridas nessa subárea.

Para a subárea em questão, foi estudado através das configurações 15 à 21 a implementação dos jardins de chuva, onde apenas a 20 e a 21 foram não aplicáveis devido à área disponível para implementação do jardim ser inferior à mínima calculada por meio da área de contribuição, sendo respectivamente 1.702,00 m<sup>2</sup> e 2.052,00 m<sup>2</sup> de área de contribuição.

A área disponível para a proposição do jardim de chuva da configuração 20 foi de 55,3 m<sup>2</sup>, o suficiente para drenar apenas 1.106 m<sup>2</sup> de área impermeável, já para a configuração 21 existe disponível 66,2 m<sup>2</sup> para implementação do jardim de chuva, o suficiente para drenar apenas 1.324 m<sup>2</sup> da área que foi estudada nesta configuração. Porém, o mesmo quantitativo de área disponível foi estudado para uma área de contribuição menor, o que resultou em uma resposta favorável pela aplicação do fluxograma.

#### 6.1.9 Subárea 09

Na execução do fluxograma, a subárea 09 apresentou 14 configurações testadas onde 05 foram tidas como não aplicáveis, entre elas estão as configurações 7, 9, 10, 13 e 14 que representam configurações relativas à aplicação de sistemas de aproveitamento de água (SAAP) e também substituição de pavimento, pois essa subárea dá acesso a anterior, apresentando também a justificativa de tráfego intenso e de veículos pesados. O quadro a seguir contempla todas as configurações de forma detalhada utilizadas no teste do fluxograma para a subárea em questão.

Quadro 15: Aplicação do fluxograma para a subárea 09.

| N.º | Subárea 09                                                            | Área de contribuição ou utilizada (M <sup>2</sup> ) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M <sup>2</sup> ) | Execução e Resultado do Fluxograma |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 01  | Instalação de SAAP (A) com telhados 01 como área de contribuição      | 675,00                                              | 10,00                                                                    | Não, Sim, Não 2x= Aplicável        |
| 02  | Instalação de SAAP (B) com telhados 02 como área de contribuição      | 423,00                                              | 10,00                                                                    | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 03  | Instalação de SAAP (C) com telhados 03 e 05 como área de contribuição | 1.071,00                                            | 10,00                                                                    | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 04  | Instalação de SAAP (D) com telhado 03 como área de contribuição       | 842,00                                              | 10,00                                                                    | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |
| 05  | Instalação de SAAP (E) com telhados 04 como área de contribuição      | 1.204,00                                            | 10,00                                                                    | Não, Sim, Não 2x = Aplicável       |

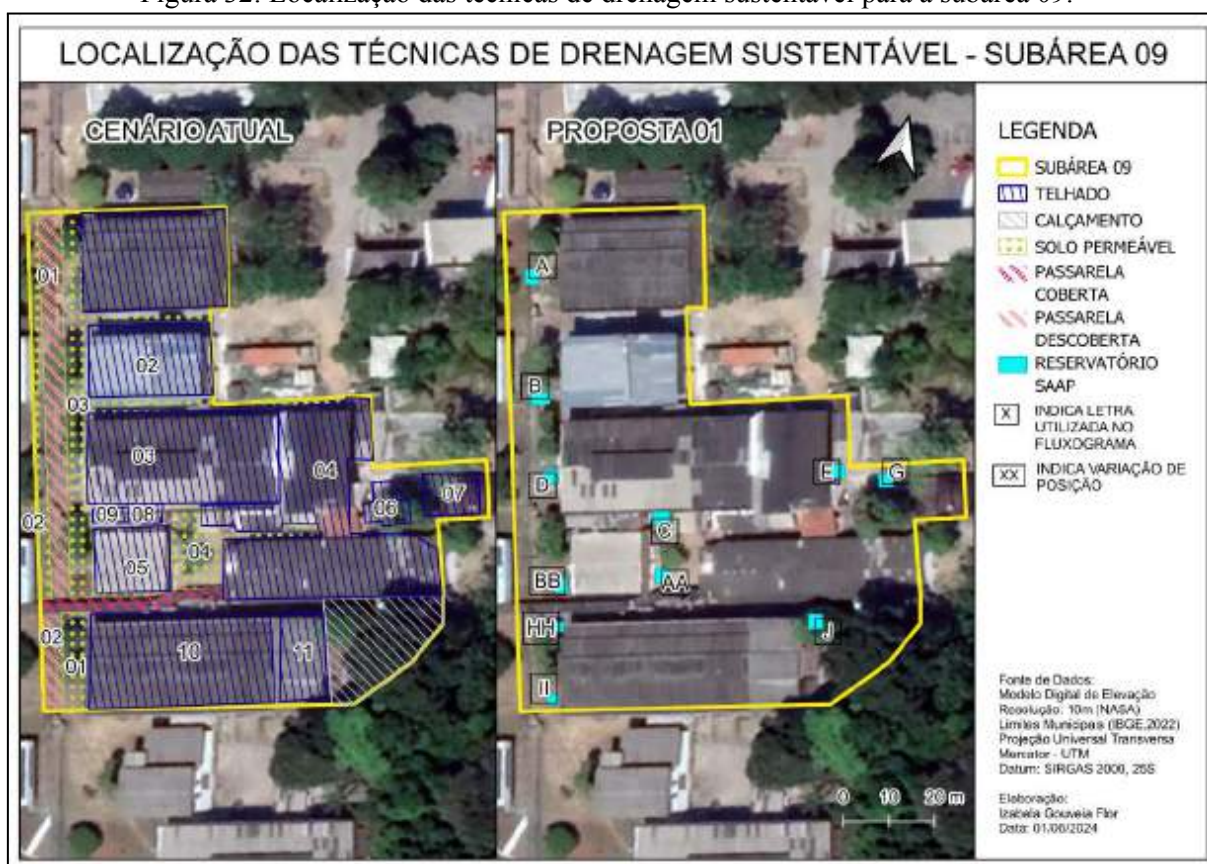
| N.º | Subárea 09                                                                                          | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 06  | Instalação de SAAP (F) com telhados 05 como área de contribuição analisado nas posições (AA) e (BB) | 229,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                          |
| 07  | Instalação de SAAP com telhados 06 como área de contribuição                                        | 71,60                                  | 10,00                                                       | <b>Não aplicável</b> pois o telhado não possui área de contribuição mínima estipulada |
| 08  | Instalação de SAAP (G) com telhados 07 como área de contribuição                                    | 112,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                          |
| 09  | Instalação de SAAP com telhados 08 como área de contribuição                                        | 15,80                                  | 10,00                                                       | <b>Não aplicável</b> pois o telhado não possui área de contribuição mínima estipulada |
| 10  | Instalação de SAAP com telhados 09 como área de contribuição                                        | 24,00                                  | 10,00                                                       | <b>Não aplicável</b> pois o telhado não possui área de contribuição mínima estipulada |
| 11  | Instalação de SAAP (H) com telhado 10 como área de contribuição analisado nas posições (HH) e (II)  | 798,00                                 | 10,00 m² cada                                               | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                          |
| 12  | Instalação de SAAP (J) com telhado 11 como área de contribuição                                     | 191,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = Aplicável                                                          |
| 13  | Substituição de calçamento 1 por pavimento permeável                                                | 438,00                                 | 438,00                                                      | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não aplicável</b>                                               |
| 14  | Substituição de calçamento 2 por pavimento permeável (apenas as vagas)                              | 260,00                                 | 260,00                                                      | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não aplicável</b>                                               |

Fonte: Autora, 2024.

A figura 32 representa o cenário atual da área e a proposta 01 representa o cenário mais otimista e representa as propostas de localização obtidas após a aplicação do fluxograma definido através dos mesmos princípios expostos anteriormente para este tipo de cenário. Como a aplicação de medidas nessa subárea é mais restrita, apenas foi estudado a viabilidade de instalação dos sistemas de aproveitamento de água e substituição de calçamento onde, apenas alguns dos SAAP foram tidos como aplicáveis.

Sendo assim, a proposta 01 é o cenário otimista e o proposto, ficando apenas relativo à posterior aplicação a localização dos mesmos, pois neste cenário um mesmo SAAP foi analisado em mais de uma posição. A limitação dos SAAP se deu principalmente pela subárea apresentar telhados mais fragmentados, o que dificultou o alcance da área mínima de contribuição estipulada conforme exposto no quadro 04, onde a área de contribuição mínima para instalação da técnica deve ser de 100 m<sup>2</sup>.

Figura 32: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 09.



Fonte: Autora, 2024.

## 6.1.10 Subárea 10

Na execução do fluxograma, a subárea 10 apresentou 07 configurações testadas, onde apenas a configuração 05 foi tida como “Aplicável”. O quadro a seguir contempla todas as configurações de forma detalhada utilizadas no teste do fluxograma para a subárea em questão.

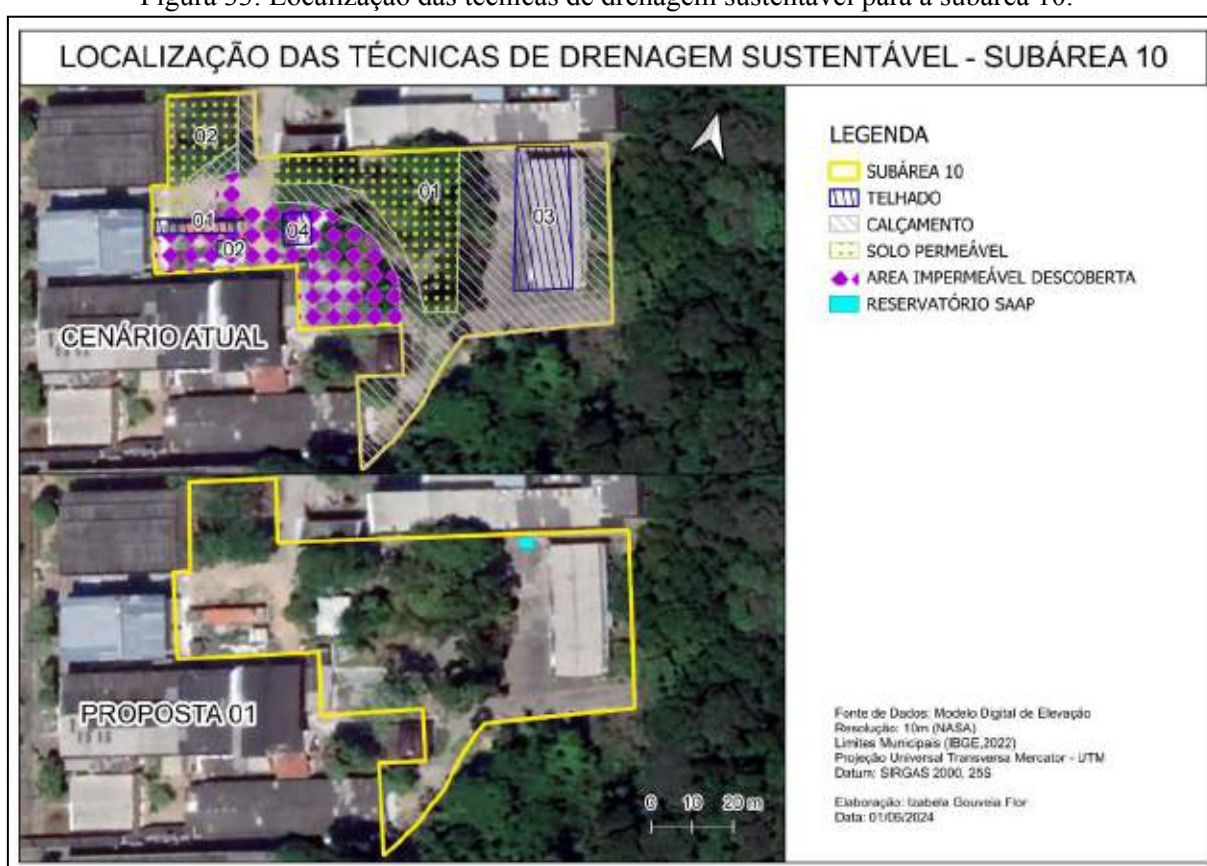
Quadro 16: Aplicação do fluxograma para a subárea 10.

| N.º | Área 10 - Proposições de área                                | Área de contribuição ou utilizada (M²) | Área mínima requerida para a proposta de implementação (M²) | Execução e Resultado do Fluxograma                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 01  | Substituição de calçamento 1 por pavimento permeável         | 2.020,00                               | 2.020,00                                                    | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não Aplicável</b>                                           |
| 02  | Substituição de calçamento 2 por pavimento permeável         | 112,00                                 | 112,00                                                      | Sim 4x, Não = <b>Não Aplicável</b>                                                |
| 03  | Instalação de SAAP com telhados 01 como área de contribuição | 70,60                                  | 10,00                                                       | <b>Não aplicável</b> pela área mínima estabelecida de contribuição para a técnica |
| 04  | Instalação de SAAP com telhados 02 como área de contribuição | 16,00                                  | 10,00                                                       | <b>Não aplicável</b> pela área mínima estabelecida de contribuição para a técnica |
| 05  | Instalação de SAAP com telhados 03 como área de contribuição | 474,00                                 | 10,00                                                       | Não, Sim, Não 2x = <b>Aplicável</b>                                               |
| 06  | Instalação de SAAP com telhados 04 como área de contribuição | 52,70                                  | 10,00                                                       | <b>Não aplicável</b> pela área mínima estabelecida de contribuição para a técnica |
| 07  | Substituição de área impermeável por pavimento permeável     | 1.050,00                               | 1.050,00                                                    | Sim 3x, Não, Sim = <b>Não Aplicável</b>                                           |

Fonte: Autora, 2024.

A figura 33 representa o cenário atual da área e a proposta 01 representa o cenário otimista com as localizações obtidas após a aplicação do fluxograma definido através dos mesmos princípios expostos anteriormente para este tipo de cenário. As negativas das configurações 01 e 02 são justificadas de forma análoga à subárea 08. A subárea em questão está localizada mais acima da subárea 08, ou seja, é por meio dela que se tem acesso à subárea 08. O fato faz com que também se tenha a presença de um tráfego mais intenso de veículos, inclusive de veículos pesados, para se ter acesso aos laboratórios e oficinas que estão inseridas na subárea 08.

Figura 33: Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 10.



Fonte: Autora, 2024.

## 6.2 Técnicas de drenagem urbana já implementadas no Centro de Tecnologia

Ao longo da construção do estudo foi identificado que o campus já apresenta algumas técnicas compensatórias instaladas, como, por exemplo, a presença de pavimento permeável, exemplificado através da figura 34, este tipo de pavimento está presente em 07 pontos dentro

da área de estudo. Outra percepção sobre a área de estudo foi a presença de tubulações para coleta e direcionamento do escoamento presente em alguns telhados ao longo campus, com destaque para as subáreas 06 e 09. Esse direcionamento é realizado para áreas que possuem a presença de pavimento, conforme exemplificado através da figura 35.

Figura 34: Identificação de pavimento permeável na subárea 07.



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Figura 35: Identificação de tubulações para coleta e direcionamento do escoamento.



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Entretanto, o direcionamento deste escoamento é realizado outras vezes para áreas que não estão preparadas para recebê-lo, como é perceptível pela figura 36. Contudo, essa situação não caracteriza a presença de técnicas de infiltração presentes neste estudo, apenas é considerado como um direcionamento convencional e em pontos como a tubulação rente ao solo acaba atenuando a força do escoamento ou queda para não causar tantos prejuízos ao solo.

Figura 36: Identificação de tubulações para coleta e direcionamento do escoamento direcionado a estrutura com material granular.



Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

Os pontos de pavimento permeável se distribuem ao longo das subáreas 04, 05, 06 e 07 com respectivamente 130,00 m<sup>2</sup>, 403,00 m<sup>2</sup>, 135,00 m<sup>2</sup> e 650,90 m<sup>2</sup> de pavimento, totalizando 1.318,90 m<sup>2</sup> de pavimento permeável. Dos 40.929,30 m<sup>2</sup> considerados como impermeáveis ao longo do estudo, com exceção das áreas de telhado, a área de pavimento permeável presente no centro de tecnologia equivale a apenas a 3,22% da totalidade impermeável presente no centro.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A drenagem urbana sustentável, também conhecida como de baixo impacto, busca, mediante diferentes técnicas, realizar o manejo e tratamento do escoamento superficial se baseando nos processos naturais. Dos diferentes termos utilizados para definir a drenagem

urbana sustentável estão as SUDS e as LIDs, ambos compõem um grupo maior nomeado de *Natural Based Solutions*.

Existem inúmeros termos e técnicas no contexto da drenagem urbana sustentável presentes na literatura, os mais comuns e utilizados também no presente estudo foram as técnicas de Sistemas de Aproveitamento de Água (SAAP), os Telhados Verdes (TV), poço de infiltração (PI), trincheira de infiltração (TI), Sistema de biorretenção também nomeado de jardins de chuvas (JDC), superfícies permeáveis, nomeado como pavimento permeável (PP) e Áreas verdes (AV).

A drenagem urbana convencional apresenta diferentes impactos, sejam eles positivos ou negativos. Quando se trata de drenagem sustentável a busca é pela mitigação dos impactos negativos e favorecimento dos impactos positivos através da réplica dos processos naturais como infiltração, evapotranspiração, filtragem e retenção.

As diferentes técnicas apresentadas foram adequadas à realidade da área de estudo, para que com isso fosse possível identificar as diferentes áreas que podem comportar a implementação dessas técnicas. Ao todo foram estudadas 10 subáreas constituídas por prédios com laboratórios, salas de aula, oficinas e coordenações de curso e de centro, etc.

Ao longo do estudo foi possível perceber o potencial de áreas prioritárias de interesse que as subáreas 02,05, 07 e 08 apresentam, onde foi possível identificar uma maior possibilidade de variação das técnicas apresentadas em uma mesma região.

A implementação das técnicas de drenagem sustentável foi proposta para aproximadamente 79 pontos distintos, considerando os critérios restritivos levantados de cada uma, bem como seus pontos positivos e negativos e, se atentando a proposição da maior quantidade de técnicas possíveis em todos os centros, realizada através dos cenários otimistas, presentes nas figuras de cada subárea, para não deixar técnicas estudadas sem serem propostas a no mínimo uma área dentro do centro de tecnologia com exceção do telhado verde que, como visto anteriormente, não teve proposição em nenhuma das áreas.

Na totalidade, o Centro de Tecnologia (CT) possui áreas propícias à adoção de seis das sete técnicas estudadas sendo 30 propostas de localização para os sistemas de aproveitamento de água (SAAP), 15 áreas propícias à adoção de trincheiras de infiltração (TI), 15 áreas para implantação ou substituição de pavimento permeável (PP), 10 localizações adequadas à adoção de poços de infiltração (PI), 5 diferentes propostas de áreas verdes (AV) e 4 proposições para jardim de chuva (JDC).

Contabilizando a totalidade da área de estudo, cerca de 60.984,00 m<sup>2</sup>, foi proposto a modificação para implementação das técnicas de drenagem sustentável em aproximadamente 17.901,90 m<sup>2</sup>, distribuídos entre as sete técnicas estudadas. O quantitativo apresentado representa cerca 29,35% do total da área de estudo, uma porcentagem considerada aceitável tendo em vista a quantidade de áreas que não podem sofrer modificações.

### 7.1 Recomendações para estudos futuros

Para estudos futuros recomenda-se:

- O aprofundamento teórico nas técnicas levantadas, em especial a implementação de telhados verdes;
- O aprofundamento no conhecimento com relação à aplicabilidade e critérios construtivos para fornecer embasamento para projetos pilotos;
- A restrição da quantidade de áreas propostas, focando na diversidade das técnicas para possível adoção, na prática, por meio de projetos piloto ao longo do centro de tecnologia.
- Validação do fluxograma apresentado na figura 21 para demais localidades

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto técnico: jardins de chuva. Soluções para Cidades.** Disponível em: <[https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF\\_Jardins-de-Chuva-online.pdf](https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2023

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Superintendência de Drenagem Urbana. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal.** 2018. Disponível em: <<https://www.adasa.df.gov.br/regulacao-sdu/manual-de-drenagem-e-manejo-de-aguas-urbanas-sdu>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas. **Rio Paraíba.** Comitê de Bacias. 2020. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>>. Acesso em: 19 out. 2023.

ALVES, A. A.; LANDIM, M. Projeto de Produto 1. SlideShare, 2022. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/slideshow/projeto-de-produto-255083705/255083705#25>> Acesso em: 19. out. 2023.

ARIZA, S. L. J.; MARTÍNEZ, J. A.; MUÑOZ, A. F.; QUIJANO, J. P.; RODRÍGUEZ, J. P.; CAMACHO, L. A.; GRANADOS, M. D. A Multicriteria Planning Framework to Locate and Select Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) in Consolidated Urban Areas. *Sustainability*, v. 11, n. 8, 2019. DOI: 10.3390/su11082312.

AZEVEDO, F. S. **Biorretenção**: tecnologia alternativa para manejo de águas pluviais urbanas aplicada a João Pessoa, PB. 2019. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/18164>>. Acesso em: 07 nov. 2023.

BARBASSA, A. P.; ANGELINI SOBRINHA, L.; MORUZZI, R. B. **Poço de infiltração para o controle de enchentes na fonte**: avaliação das condições de operação e manutenção. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 91-107, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/MBt8Q34KHgGnrVZvcx6JZjN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB - Relatório de Avaliação Anual 2020**. Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Apêndice I, p.147, 2020.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB - Relatório de Avaliação Anual 2021**. Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. p. 147, 2021b.

BRASIL. **Resoluções do CONAMA**: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 2012. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1997. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n.ºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2021a. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm)>. Acesso em: 04 out. 2023.

CARMO, N. L. F. **Aproveitamento de águas pluviais em centro universitário de Anápolis e seus efeitos na drenagem urbana**. 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Evangélica de Goiás, Anápolis, 2018. Disponível em: <[http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/899/1/20182\\_TCC\\_NubiaLorraine.pdf](http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/899/1/20182_TCC_NubiaLorraine.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2023.

CARVALHO, E. T. L.; GITIRANA JUNIOR, G. F. N.; SILVA JUNIOR, A. C.; CARVALHO, S. L.; CAVALCANTE, K. K. S. Infiltração de águas pluviais para o controle de erosão e assoreamento de reservatórios de hidrelétricas. In: SALES, M. M. **Erosões em Borda de Reservatório**. 1. ed., p. 511-530, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/350186059\\_Infiltracao\\_de\\_aguas\\_pluviais\\_para\\_o\\_controle\\_de\\_erosao\\_e\\_assoreamento\\_de\\_reservatorios\\_de\\_hidreletricas](https://www.researchgate.net/publication/350186059_Infiltracao_de_aguas_pluviais_para_o_controle_de_erosao_e_assoreamento_de_reservatorios_de_hidreletricas)>. Acesso em: 26 jun. 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Convenção de Estocolmo - A Convenção. s.d. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/#:~:text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20de%20Estocolmo%20sobre,pa%C3%ADses%20e%20pela%20Comunidade%20Europeia.>>. Acesso em: 19 out. 2023.

CHAPMAN, C.; HALL, J. W. The Influence of Built Form and Area on the Performance of Sustainable Drainage Systems (SuDS). **Future Cities and Environment**, v. 7, n. 1:5, p. 1-16, 2021. DOI: 10.5334/fce.112.

CHAPMAN, C.; HALL, J. W. The potential for sustainable drainage systems (SuDS) in a regional urbanization project. **Frontiers in Sustainable Cities**, v. 4, 2022. DOI: 10.3389/frsc.2022.922890.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. Nature-based Solutions to address global societal challenges. **IUCN Gland**, v. 97, Switzerland, 2016. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en.

COLLETT, B.; FRIEDMANN, V.; MILLER, W. **Low Impact Development**: Opportunities for the PlanET Region. University of Tennessee, College of Architecture and Design, College of Agricultural Sciences and Natural Resources, PlanET Consortium, Knoxville, 2013. Disponível em: <[https://issuu.com/utkcoad/docs/2013\\_0807\\_-\\_lid\\_opportunities\\_for\\_t](https://issuu.com/utkcoad/docs/2013_0807_-_lid_opportunities_for_t)>. Acesso em: 26 jun. 2024.

COSTA, M. E. L.; LAPPICY, T.; CARVALHO, D. J.; LOPES, L. L. F.; KOIDE, S. Estudos sobre a implantação de LIDS e medidas de controle e manejo de águas pluviais no Distrito Federal. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 24, 2021, Belo Horizonte. Anais (...) p. 1-11. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13671>>. Acesso em: 26 set. 2023.

COTTERILL, S.; BRACKEN, L. Assessing the Effectiveness of Sustainable Drainage Systems (SuDS): Interventions, Impacts and Challenges. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3160, 2020. DOI: 10.3390/w12113160.

FERRANS, P.; SILVA, J. D. R.; KREBS, P.; TEMPRANO, J. Flood Management with SUDS: A Simulation–Optimization Framework. **Water**, v. 15, n. 3, p. 426, 2023. DOI: 10.3390/w15030426.

FERRANS, P.; TORRES, M. N.; TEMPRANO, J.; SÁNCHEZ, J. P. R. Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. **Science of The Total Environment**, v. 806, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150447.

FRÖHLICH, N. S. **Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) versus o Convencional (SUDC)**. 2019. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/7526>>. Acesso em: 26 set. 2023.

GALDINO, L. M. A. **Drenagem urbana na área da Praça da Cruz Vermelha: um estudo de caso da aplicação do conceito de cidades esponjas para atenuação de alagamentos**. 2022. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://www.bdt.d.uerj.br:8443/handle/1/18057>>. Acesso em: 26 set. 2023.

GOOGLE EARTH PRO. Google LLC., 2024.

GUTIERREZ, A. I. R.; RAMOS, I.C. **Guia de Técnicas Sustentáveis em Drenagem Urbana**. Pós-Graduação em Gestão da Drenagem Urbana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3864>>. Acesso em: 26 set. 2023.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE**, n. 1, p. 92-115, 2010. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.v0i1p92-115.

IPB - Instituto Politécnico de Bragança. Sistema de aproveitamento de águas pluviais está em funcionamento experimental numa das residências do IPB. 2023. Disponível em:

<<https://esa.ipb.pt/2023/07/sistema-de-aproveitamento-de-aguas-pluviais-esta-em-funcionamento-experimental-numa-das-residencias-do-ipb/>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

IPEA – Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. **Boletim Regional Urbano e Ambiental**. Brasília: Ipea. Dirur, 2008. DOI: 10.38116/brua25.

IPEA – Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. **Drenagem e Manejo Sustentável de águas pluviais urbanas**: que falta para o Brasil adotar? Rio de Janeiro: Ipea, 2022. DOI: 10.38116/td2791.

JOÃO PESSOA. **Lei complementar nº 93, de 30 de dezembro de 2015**. Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico do município de João Pessoa, seus instrumentos, e dá outras providências. 2015. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pb/j/joao-pessoa/lei-complementar/2015/10/93/lei-complementar-n-93-2015-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-saneamento-basico-do-municipio-de-joao-pessoa-seus-instrumentos-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 02 out. 2023.

JOÃO PESSOA. **Câmara de João Pessoa discute Plano Diretor em Audiência Pública**. Câmara Municipal de João Pessoa, 2023. Disponível em: <<https://joaopessoa.pb.leg.br/camara-de-joao-pessoa-discute-plano-diretor-em-audiencia-publica/>>. Acesso em: 19 out. 2023

LOPEZ, R. R. B. **Pré-projeto de um wetland construído de escoamento superficial como estrutura de drenagem urbana sustentável**. 2018. 115 f. Monografia (Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/195616>>. Acesso em: 09 out. 2023.

LOPES, B.; TEIXEIRA, B. Gestão de águas pluviais em áreas já urbanizadas: Aplicação da Matriz SWOT para a caracterização de Técnicas Compensatórias. **Engenharia Urbana em Debate**, v. 2, n. 1, p. 70-80, 2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/373370347\\_Gestao\\_de\\_aguas\\_pluviais\\_em\\_areas\\_ja\\_urbanizadas\\_Aplicacao\\_da\\_Matriz\\_SWOT\\_para\\_a\\_caracterizacao\\_de\\_Tecnicas\\_Compensatorias](https://www.researchgate.net/publication/373370347_Gestao_de_aguas_pluviais_em_areas_ja_urbanizadas_Aplicacao_da_Matriz_SWOT_para_a_caracterizacao_de_Tecnicas_Compensatorias)>. Acesso em: 19 out. 2023.

LUNA, C. R.; FRANÇA, E. B.; BONITO, L. R.; DUTRA, L. B.; RANGEL, R. M. **Incorporação de técnicas LID (low impact development) em edifícios**. 2020. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://adelpha-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/da618968-ff25-4011-97db-aea720f7e5c9/content>>. Acesso em: 26 set. 2023.

LEITE, C.; AWAD, J. C. M. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MARKO, I.; WITTMANOVÁ, R.; HRUDKA, J.; STANKO, Š. The effectiveness of SuDS measures in reducing the rainwater runoff from urbanized areas. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. **Young Scientist**, v. 1209, 2021. DOI: 10.1088/1757-899X/1209/1/012021.

MEADOWS, D. H; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **The Limits To Growth**. New York: Universe Books, 1972.

MELLER, G.; DRESCH, F.; DARONCO, G. A Necessidade De Uma Drenagem Urbana Sustentável. **Salão do Conhecimento**, v. 2, n. 01, 2014. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/3432>>. Acesso em: 26 set. 2023.

MELO, T. A. T. M.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 147-165, Porto Alegre, 2014.

MELO, T. A. T. Jardim de chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas. 2011. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5799>>. Acesso em: 05 jun. 2024

MIGUEZ, M.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana - Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**. 1. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n. 16, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/eed/article/view/3442/1970>>. Acesso em: 02 out. 2023

MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima. Serviços Ecossistêmicos. s.d. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/servicos-ecossistemicos#:~:text=Os%20servi%C3%A7os%20ecossist%C3%AAmicos%20s%C3%A3o%20benef%C3%ADcios,qualidade%20de%20vida%20das%20pessoas>>. Acesso em: 04 out. 2023

MOURA, P. M. **Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana**. 2004. 164 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <<https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/110M.PDF>>. Acesso em: 05 jun. 2024

NEVES, L. O. **Estudo de desempenho térmico entre cobertura com telhado verde e cobertura com telha de fibrocimento a base de Arduino**. 2023. 17 f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2023. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/21805>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; JOSÉ NETO, J. P.; PAULINO, G. S.; OLIVEIRA, D. R.; TANABE, C. S. Infiltração em argissolo amarelo textura argilosa/muito argilosa no campo experimental agrícola do ilos santarém. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 5, 2018, Maceió. (**Anais**)[...] Maceió: CONTECC, 2018. Disponível em: <[https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/97\\_ddieaataanc eadis.pdf](https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/97_ddieaataanc eadis.pdf)>. Acesso em: 07 de nov. 2023.

OLIVEIRA, M.; GALLARDO, A. L. C. F.; RIBEIRO, A. P.; GARCIA, J. I. B. Soluções baseadas na natureza em projetos integrados de drenagem e de mitigação de mudanças climáticas na cidade de São Paulo (Brasil). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 19, n. 1, p. 70-84, 2023. DOI: 10.17271/1980082719120233510.

PEREIRA, H. J. **Manejo de águas pluviais urbanas com utilização de sistemas sustentáveis**: Um estudo de aplicação para o HIDS. 2021. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Arquitetura, Urbanismo e Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

PELLEGRINO, P.; MOURA, N. B.; VARGAS, H. C. **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri: Editora Manole, 2017.

PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. **Curso de gestão ambiental**. 2. ed. atualizada e ampliada, Coleção Ambiental, v. 13. Barueri: Editora Manole, 2014.

PHILIPPI JUNIOR, A.; BRUNA, G. C. **Gestão urbana e sustentabilidade**. 1. ed. Barueri: Editora Manole, 2019.

PLANEJPB. Uso do telhado verde como método de drenagem na fonte. 2020. Disponível em: <<https://www.planejpb.com.br/post/uso-do-telhado-verde-como-m%C3%A9todo-de-drenagem-na-fonte>>. Acesso em: 21 out. 2023.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. Disponível em: <<https://pdfcoffee.com/desenvolvimento-includente-sustentavel-sustentado-pdf-free.html>>. Acesso em: 26 set. 2023.

SANTOS, H. G.; COELHO, M. R.; BACA, J. F. M.; ÁGLIO, M. L.D.; FIDALGO, E.C.C. **Solos**. Cultivo do Arroz, EMBRAPA, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/caracteristicas/solo>>. Acesso em: 25 out. 2023.

SANTOS, L. P. S.; MARTINS FORMIGA, K. T.; FERREIRA, N. C. Construction of a Socioenvironmental Indicator and the relationship with the urban drainage system. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v. 55, n. 2, p. 171–191, Rio de Janeiro, 2020. DOI: 10.5327/Z2176-947820200638.

SANTOS, M. F.; REIS, M; PAIVA, S; GONÇALVES, L.; BARBASSA, A. Estratégias para sensibilização dos usuários em áreas com Técnicas Compensatórias Integradas. In: **Encontro Nacional de Águas Urbanas**, 11, 2017, Belo Horizonte. (Anais) [...] Belo Horizonte: ENAU, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/346727385\\_Estrategias\\_para\\_sensibilizacao\\_dos\\_usuarios\\_em\\_areas\\_com\\_Tecnicas\\_Compensatorias\\_Integradas](https://www.researchgate.net/publication/346727385_Estrategias_para_sensibilizacao_dos_usuarios_em_areas_com_Tecnicas_Compensatorias_Integradas)>. Acesso em: 25 out. 2023

SASAKI, J. K.; BRITO, H. C.; VIEIRA, E. M. S.; FILHO, M. N. M. B. Seleção de Áreas Prioritárias para Instalação de Medidas de Desenvolvimento Urbano De Baixo Impacto: O Caso do Bairro de Bodocongó em Campina Grande, PB. **Anuário do Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 44, n. 37933. p. 12, 2021. DOI: 10.11137/1982-3908\_2021\_44\_37933.

SAUT, S.; ARINI, M.; BELIA, E.; AVILA, A. R.; DANANG, A. Sustainable Urban Drainage System (SUDS) as Nature Based Solutions Approach for Flood Risk Management in High-Density Urban Settlement. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 986, 2022, Surakarta. (Anais) [...] Surakarta: International Conference on Disaster Management and Climate Change, 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/986/1/012055.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2017.

SUDERHSA - Secretaria De Estado Do Meio Ambiente E Recursos Hídricos. **Manual de drenagem urbana - Região Metropolitana de Curitiba- PR**. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 2002. Disponível em: <[https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/mdu\\_versao01.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2023.

VITAL, S.; FERREIRA, B.; GIRÃO, O.; LIMA, C.; NUNES, F.; SILVEIRA, T. Base cartográfica digital como instrumento para a identificação de áreas suscetíveis à erosão e movimentos de massa em João Pessoa (PB), Brasil. **Revista Geográfica da América Central**, v. 1, n. 261, 2016. DOI: 10.15359/rgac.57-2.10.

WEB-SIG. WEB-SIG e acesso livre aos ambientes da UFPB. Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento. UFPB, ArcGIS Hub, 2022.

ZUQUETTE, L. V.; FAILACHE, M.; PONS, N. A. D.; PEJON, O. J. Proposta de procedimentos para o zoneamento quanto à adequabilidade para sistemas de drenagem

sustentáveis (SDS) baseada em características geológicas e geotécnicas: aplicação na bacia do córrego do gregório, São Carlos (SP), Brasil. **Geociências**, v. 41, n. 2, p. 373 - 390, 2022.  
DOI: 10.5016/geociencias.v41i02.15851.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A - Mapa de localização do Centro de Tecnologia dentro da Universidade Federal da Paraíba da área de estudo

APÊNDICE B - Mapa de declividade e delimitação das subáreas do Centro de Tecnologia da UFPB

APÊNDICE C - Fluxograma aplicado para definição de aplicabilidade das técnicas

APÊNDICE D - Subdivisões da área de estudo

APÊNDICE E - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 01

APÊNDICE F - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 02

APÊNDICE G - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 03

APÊNDICE H - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 04

APÊNDICE I - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 01/02

APÊNDICE J - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 02/02

APÊNDICE K - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 06

APÊNDICE L - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 07

APÊNDICE M - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 08

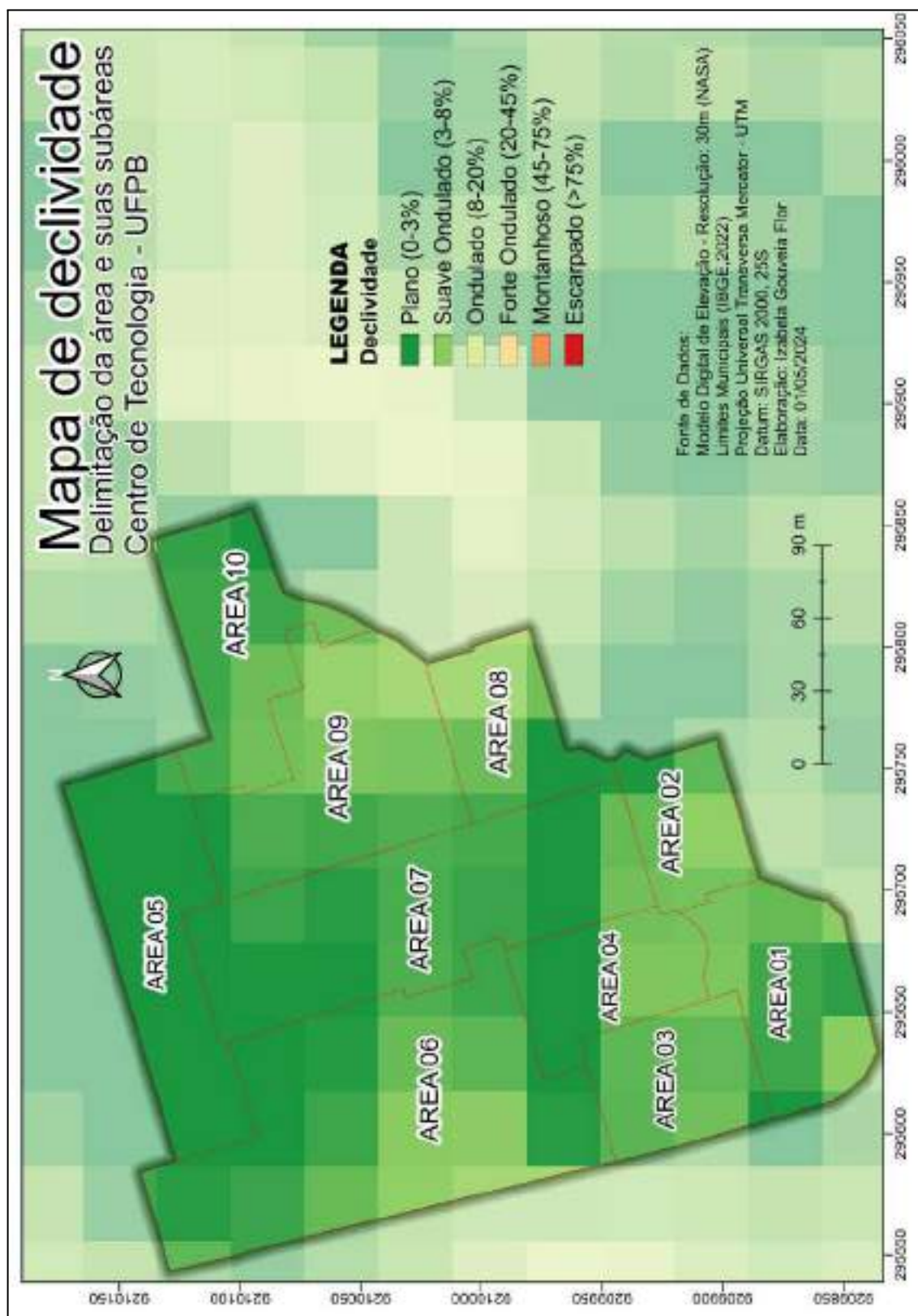
APÊNDICE N - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 09

APÊNDICE O - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 10

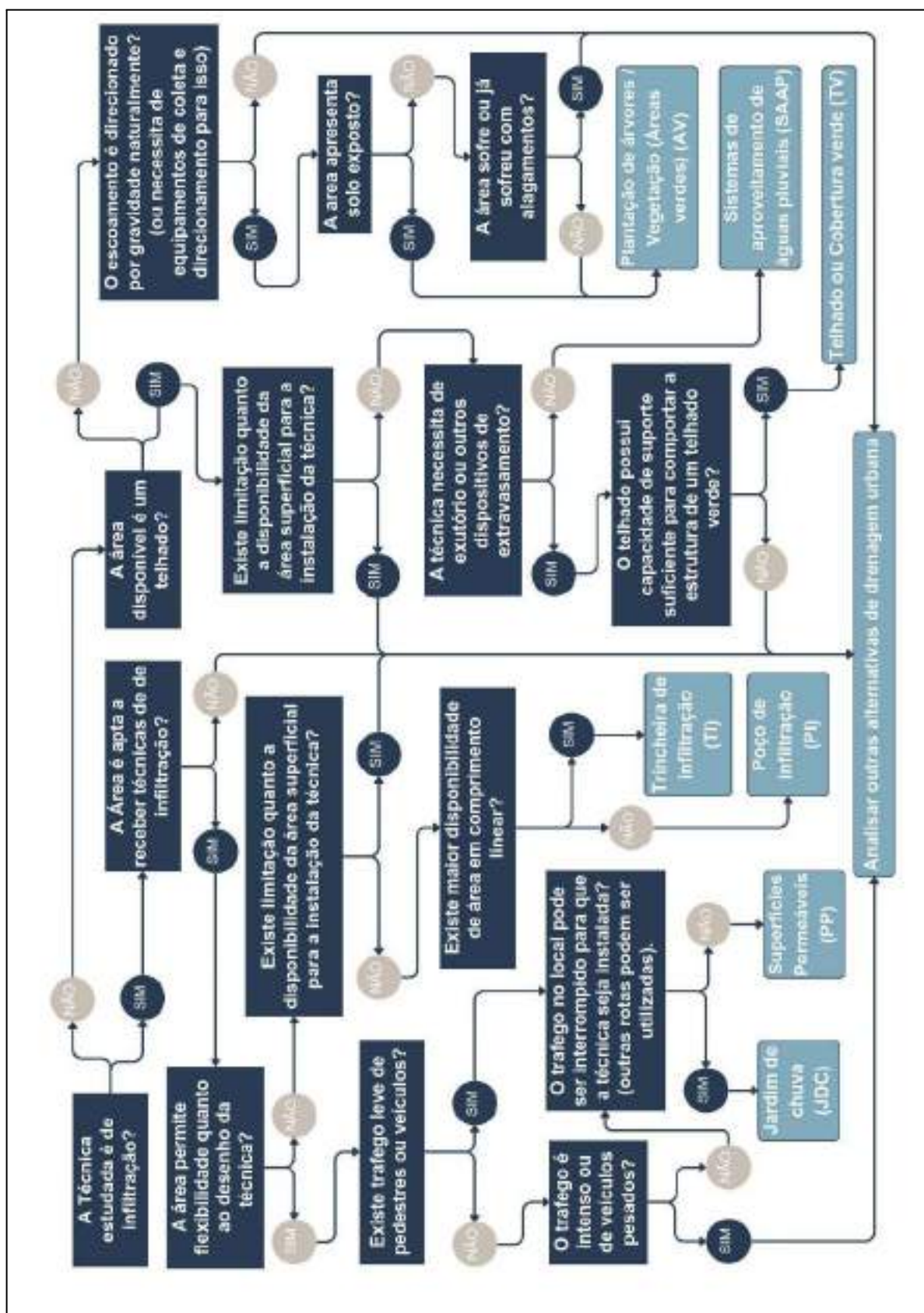
**APÊNDICE A - Mapa de localização do Centro de Tecnologia dentro da Universidade Federal da Paraíba da área de estudo**



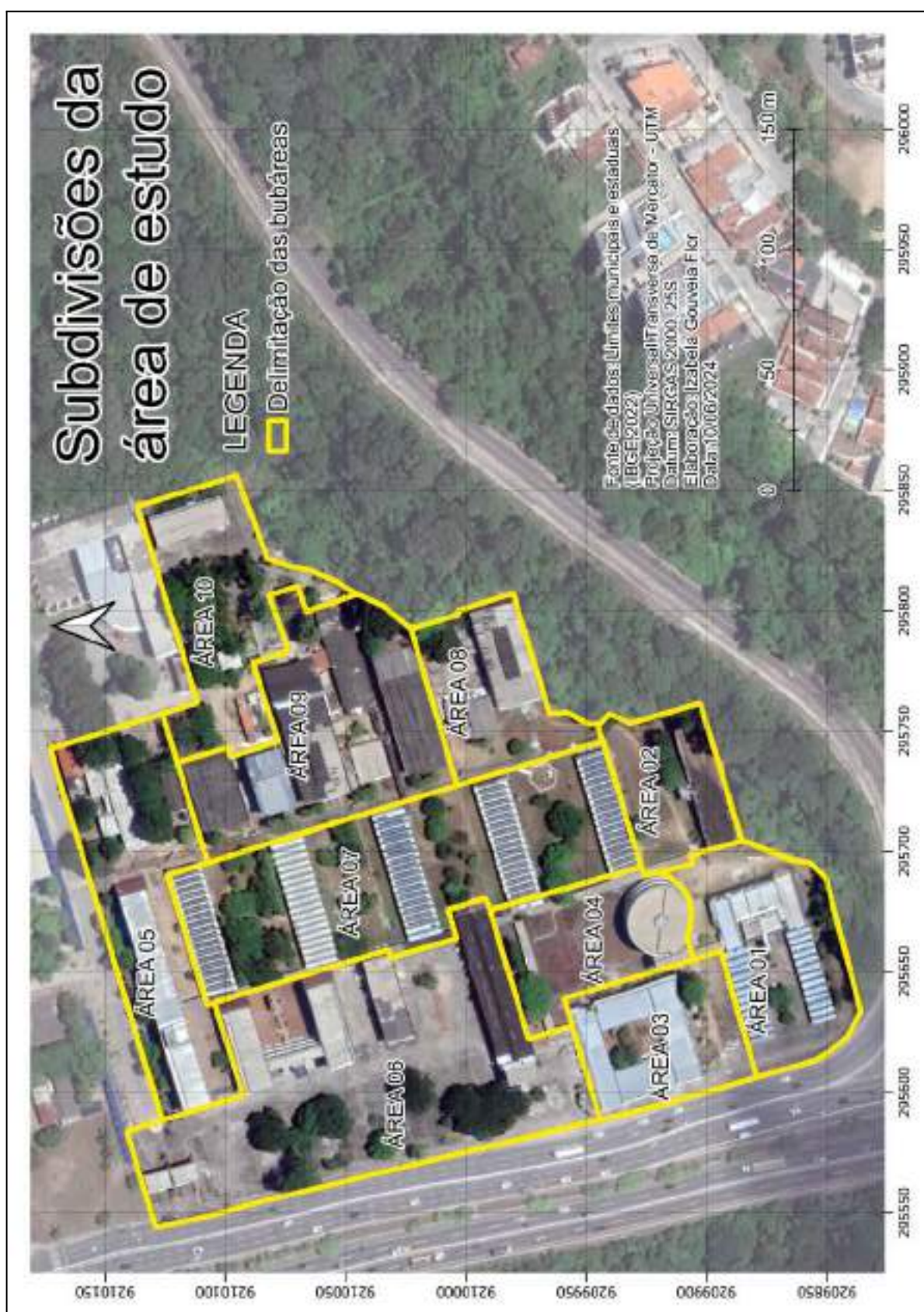
**APÊNDICE B - Mapa de declividade e delimitação das subáreas do Centro de Tecnologia da UFPB**



## APÊNDICE C - Fluxograma aplicado para definição de aplicabilidade das técnicas



# APÊNDICE D - Subdivisões da área de estudo



APÊNDICE E - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 01



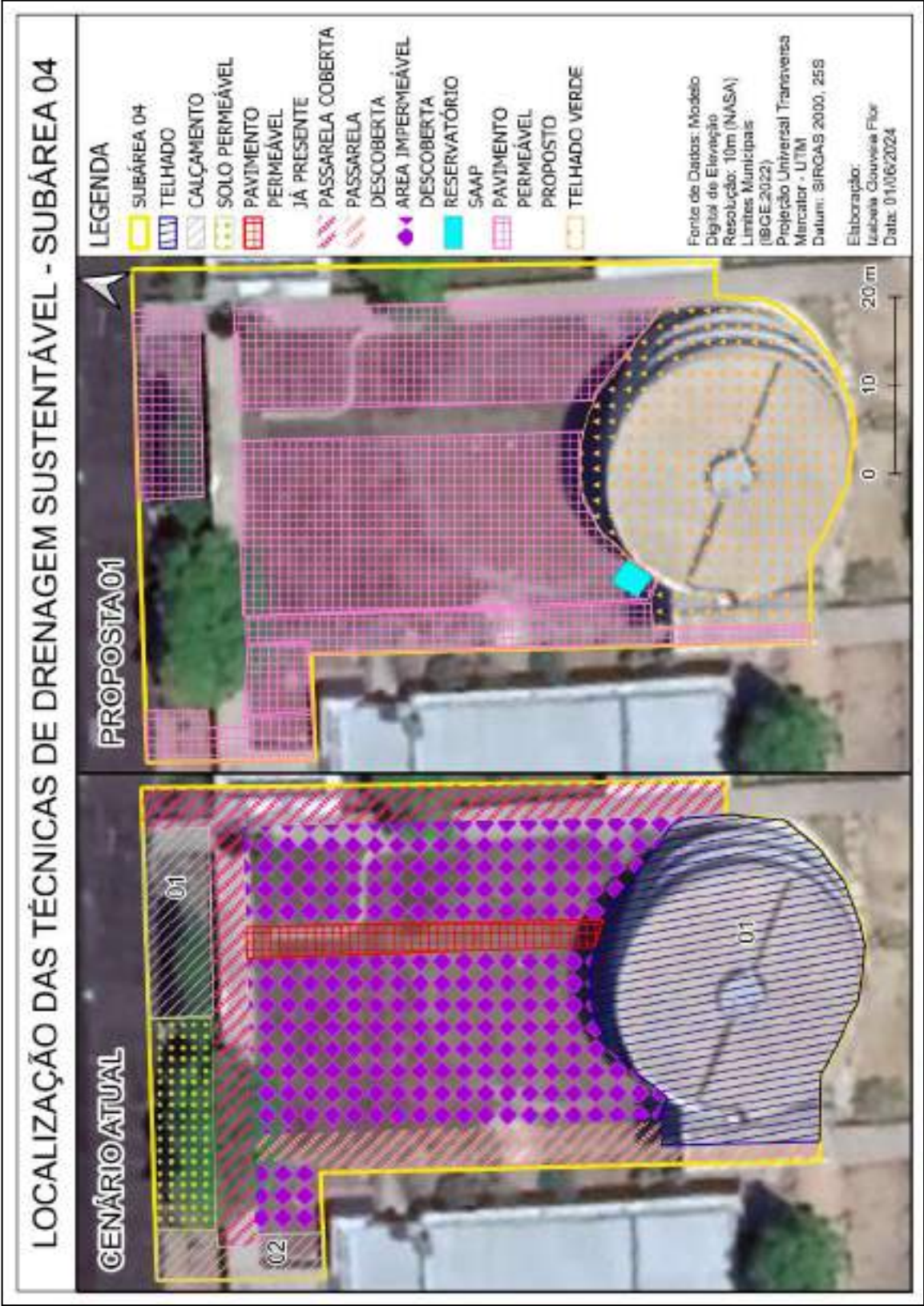
# APÊNDICE F - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 02



APÊNDICE G - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 03



APÊNDICE H - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 04



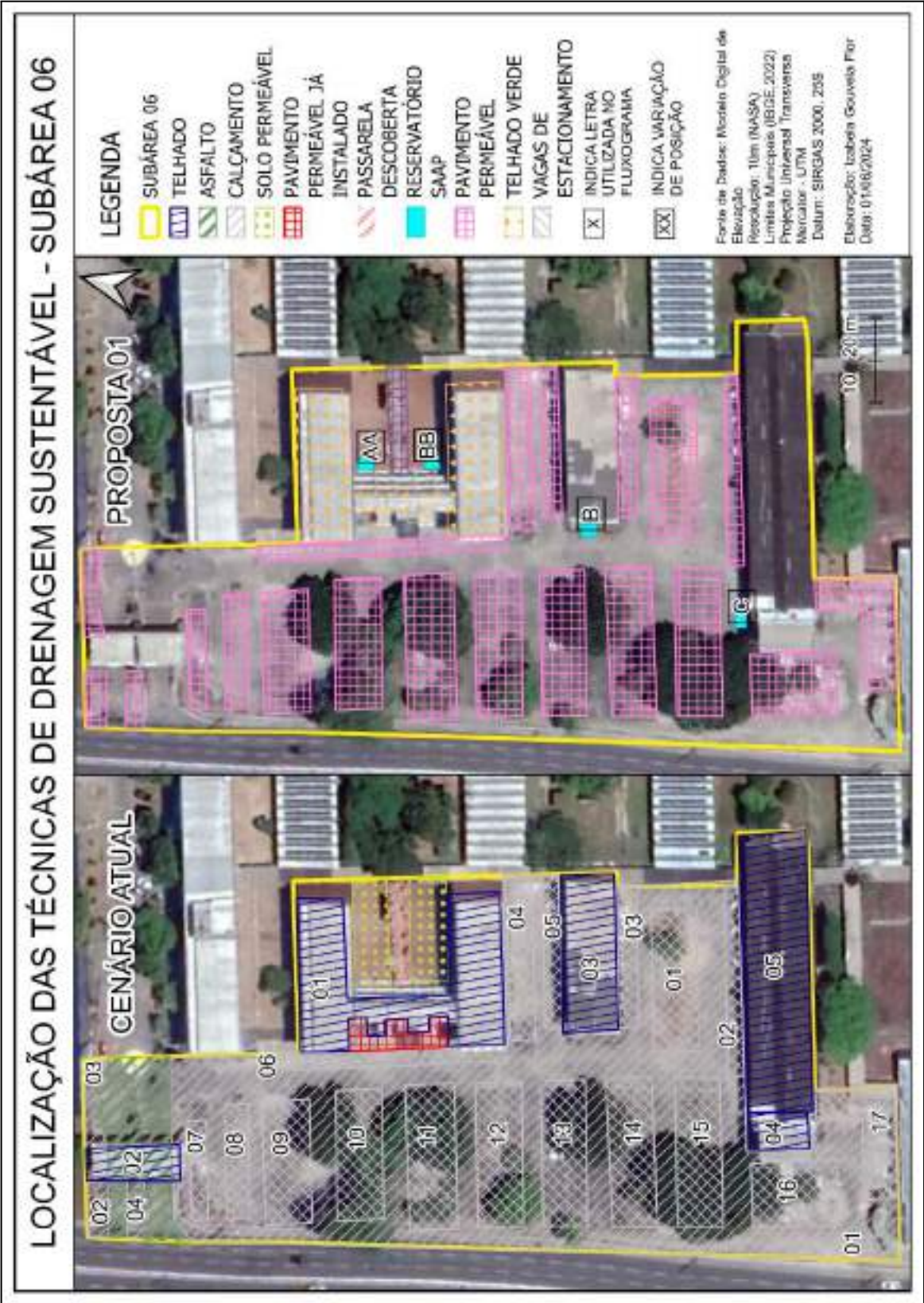
APÊNDICE I - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 01/02



APÊNDICE J - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 05 02/02



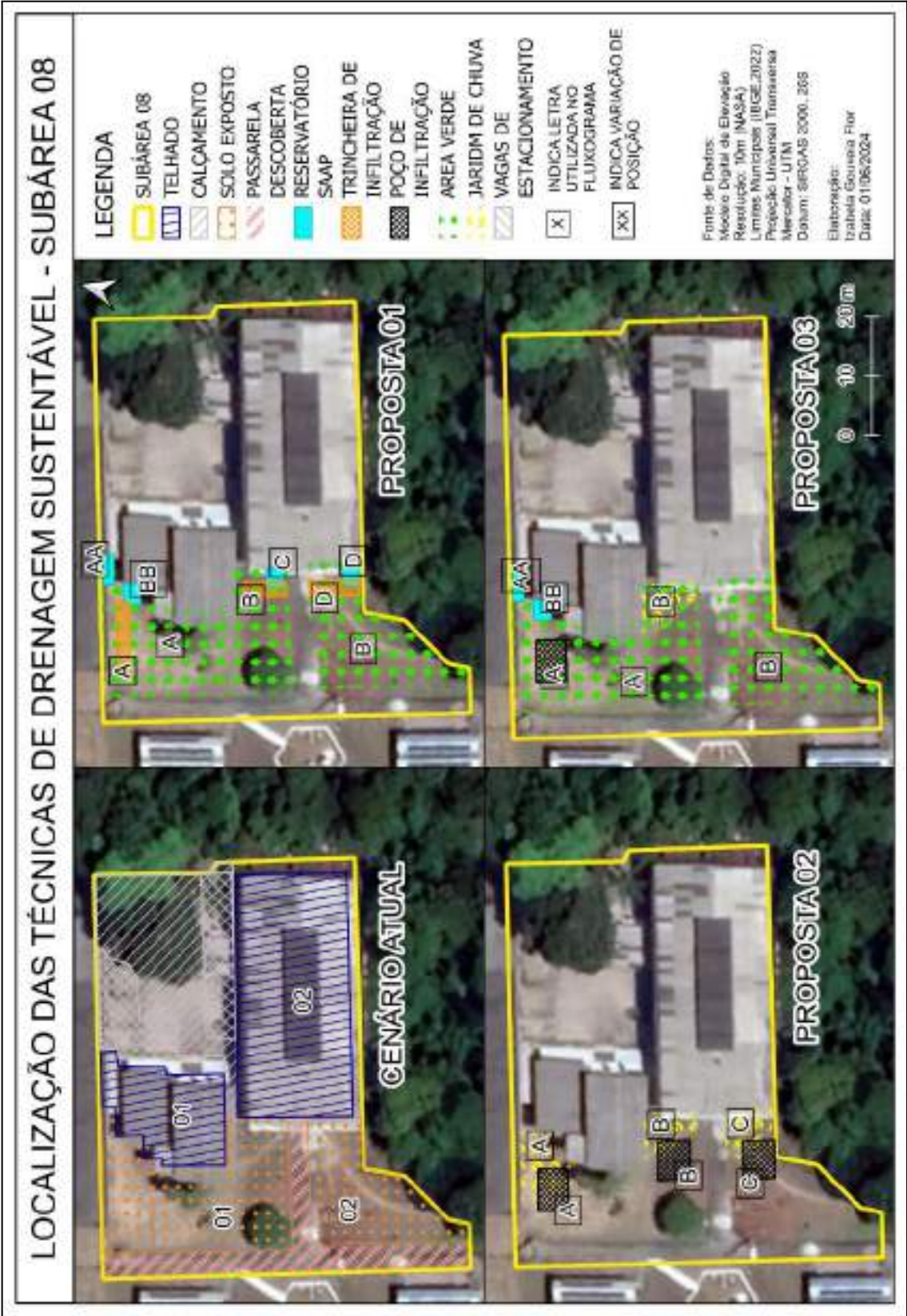
APÊNDICE K - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 06



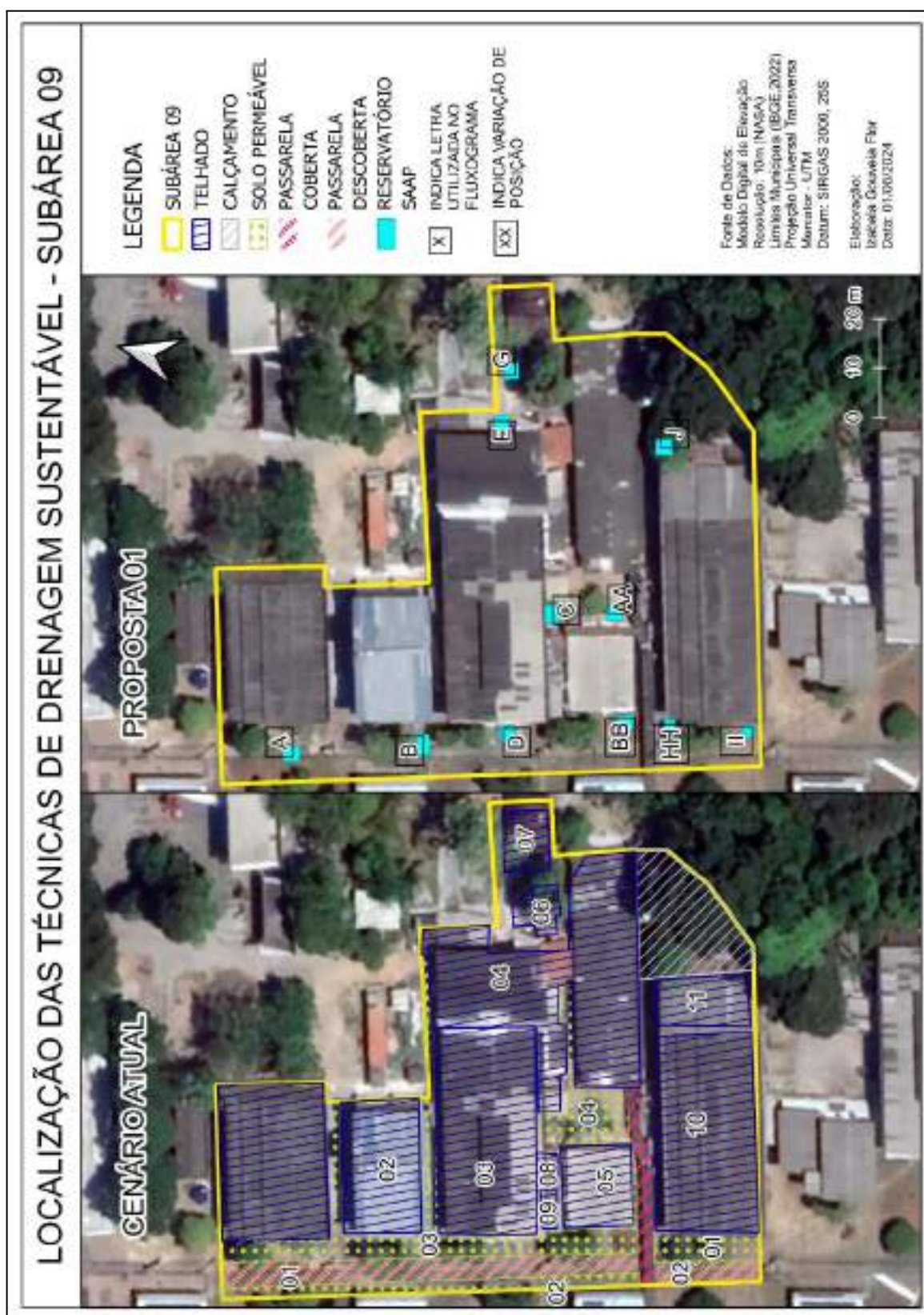
APÊNDICE L - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 07



APÊNDICE M - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 08



# APÊNDICE N - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 09



# APÊNDICE O - Localização das técnicas de drenagem sustentável para a subárea 10

