



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ FELIPE FERREIRA DE ARAÚJO TOSCANO

**USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA UM SISTEMA
SUSTENTÁVEL DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**

JOÃO PESSOA

2025

ANDRÉ FELIPE FERREIRA DE ARAÚJO TOSCANO

**USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA UM SISTEMA
SUSTENTÁVEL DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal da Paraíba, como
um dos requisitos obrigatórios para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Dr. Leonardo Vieira
Soares.

JOÃO PESSOA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

T713u Toscano, Andre Felipe Ferreira de Araujo.

Uso de pavimentos permeáveis como alternativa para um sistema sustentável de drenagem de águas pluviais / Andre Felipe Ferreira de Araujo Toscano. - João Pessoa, 2025.

63 f. : il.

Orientação: Leonardo Soares.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Drenagem. 2. Pavimento. 3. Infraestrutura. I. Soares, Leonardo. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

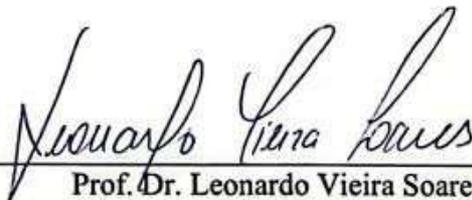
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ FELIPE FERREIRA DE ARAÚJO TOSCANO

USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAIS

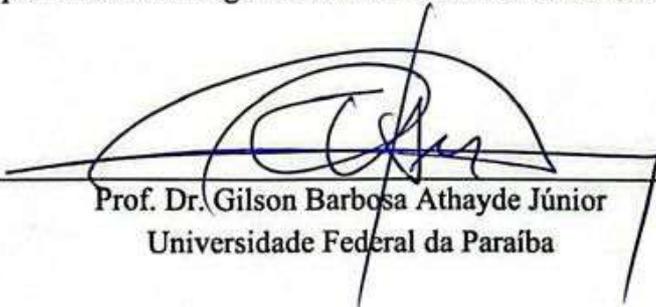
Trabalho de Conclusão de Curso em 02/05/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares

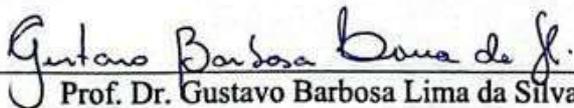
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO



Prof. Dr. Gustavo Barbosa Lima da Silva
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força e perseverança para enfrentar todos os obstáculos encontrados no decorrer da minha formação. Como cristão devoto dedico todo meu sucesso ao pai todo poderoso.

A minha mãe Jeanne, por sempre me apoiar em todas as minhas decisões, por estar comigo todos os dias me dando conforto e o amor mais forte e leal que um ser humano pode receber, por me aconselhar sempre das melhores maneiras possíveis e por ter sido sempre a melhor mãe que alguém pudesse ter.

Ao meu pai José Toscano, por sempre estar comigo na maior parte dos meus dias, me apoiando, me instruindo e confortando o meu coração por estar presente dia após dia na minha vida.

Ao meu irmão José Júnior, por sempre estar comigo em todos os projetos, nutrindo uma relação de irmandade mais forte que o destino poderia permitir e por estar sempre pronto para enfrentar qualquer obstáculo ou desafio que a vida coloca em nossos caminhos.

Agradeço ao meu grande amigo, Lucas Paiva, que está presente em quase todos os dias da minha vida, escutando meus desabafos e me fazendo companhia em momentos de alegria e tristeza. Amigo confiável e fiel o qual tenho enorme consideração e respeito.

Agradeço ao meu grande amigo, Yuri Gouveia e sua digníssima esposa, Maria, os quais tenho a honra e imensurável felicidade de ser padrinho de casamento. Amigos que estão sempre presentes no meu dia a dia, confortando momentos difíceis e festejando alegrias e conquistas.

Agradeço aos meus ilustríssimos amigos de curso, Paulo Barbosa e sua esposa Queren Costa, Denner Vianna, Gabriella Lima e Witamar Bernardo, os quais desejo perpetuar uma amizade forte e próspera, por todos os momentos que enfrentamos juntos. Tive a honra de cruzar com esses gênios da engenharia e me sinto privilegiado de tê-los como amigos e companheiros de estudos e profissão.

Agradeço também aos meus amigos, Yaggo, Daysa, Jussandro, Tatiana, Victor, Crys, Rodolfo, Rômulo, Danilo, Dhiego, Isabelly e João Pedro. Amigos que estão sempre presentes em minha vida, em minha casa e no meu coração. Desejo que nossa amizade seja sempre muito forte e duradoura.

Aos meus primos, Eduardo Toscano e Matheus Toscano, por todos os momentos que tivemos desde a infância, os quais contribuíram, inclusive, para minha formação como pessoa. Primos que considero como irmãos e que sei que posso contar para o que der e vier.

Por fim, agradeço aos Professores os quais tive mais proximidade no decorrer da minha jornada universitária, meu orientador, Leonardo Vieira Soares, o qual esteve sempre disponível para me atender quando necessário, Professor Fábio Lopes Soares, o qual tive a honra de ser monitor na disciplina de Mecânica dos Solos II e a Professora Andrea Brasiliano Silva, que em uma das cadeiras mais difíceis, como foi Análise Estrutural I, tornou as coisas muito mais tranquilas, Professora dedicada e atenciosa. Obrigado Professora, por todas as dúvidas tiradas e todas as conversas que tínhamos após as aulas, que tornavam o dia a dia e o caminhar da disciplina muito mais leves.

RESUMO

O processo de urbanização acelerada e o crescimento desordenado dos centros urbanos têm provocado impactos significativos na dinâmica hidrológica das cidades, sobretudo pela substituição de superfícies naturais por revestimentos impermeáveis. Essa transformação intensifica o escoamento superficial das águas pluviais, contribuindo para a ocorrência de alagamentos e enchentes em áreas urbanizadas. Com os avanços nas tecnologias aplicadas à infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza, surgem alternativas mais sustentáveis aos métodos tradicionais de drenagem urbana. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo comparar duas abordagens distintas de projeto de sistemas de drenagem pluvial: uma convencional, com pavimentação predominantemente impermeável, e outra utilizando pavimentos permeáveis como dispositivo de retenção e infiltração. A partir da modelagem hidrológica e hidráulica de ambas as concepções, são analisados parâmetros técnicos como vazão, dimensionamento das tubulações e a necessidade de estruturas de controle. Discute-se viabilidade do uso de blocos intertravados permeáveis como solução compensatória para sistemas de drenagem urbana, evidenciando suas vantagens e limitações em relação ao modelo tradicional. Os resultados apresentam as diferenças físicas, em que se tem uma redução de 13,37% em relação a vazão com o pavimento permeável, e financeiras, apresentando uma diferença em torno de 17% do custo entre as redes de drenagem traçadas. Dessa forma, conclui-se que o uso de pavimentos permeáveis com blocos intertravados apresentam diversos benefícios físicos e financeiros para um projeto de drenagem.

Palavras-chave: drenagem urbana, pavimento permeável, gestão de águas pluviais, infraestrutura sustentável, modelagem hidrológica.

ABSTRACT

The accelerated urbanization process and the unplanned growth of urban centers have significantly impacted the hydrological dynamics of cities, mainly due to the replacement of natural surfaces with impermeable coverings. This transformation increases surface runoff, contributing to flooding in urban areas. With advancements in green infrastructure and nature-based solutions, more sustainable alternatives to traditional urban drainage methods have emerged. In this context, this study aims to compare two distinct stormwater drainage design approaches: a conventional system with predominantly impermeable pavement, and another using permeable pavements as retention and infiltration devices. Through hydrological and hydraulic modeling of both designs, technical parameters such as flow rate, pipe sizing, and the need for control structures are analyzed. The study discusses the feasibility of using permeable interlocking concrete pavers as a compensatory solution for urban drainage systems, highlighting their advantages and limitations compared to traditional models. The results show physical differences, including a 13.37% reduction in peak flow with permeable pavement, and financial differences, with approximately 17% cost variation between the designed drainage networks. Thus, it is concluded that the use of permeable pavements with interlocking pavers offers several physical and financial benefits for drainage system projects.

Keywords: urban drainage, permeable pavement, stormwater management, sustainable infrastructure, hydrological modeling.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Esquema para um pavimento permeável..... | 16 |
| Figura 2 – Telhado verde..... | 17 |
| Figura 3 – Bacia de retenção..... | 18 |
| Figura 4 – Parque Marinha do Brasil, Porto Alegre – RS. Bacia de retenção. | 19 |
| Figura 5 – Exemplos de diferentes tipos de pavimento permeável. | 22 |
| Figura 6 – Esquema de sistema de infiltração total..... | 23 |
| Figura 7 – Sistema de infiltração parcial. | 23 |
| Figura 8 – Sistema sem infiltração. | 24 |
| Figura 9 – Área de estudo..... | 26 |
| Figura 10 – Modelo geométrico das ruas adaptado de levantamento topográfico da PMJP realizado em 2007. | 27 |
| Figura 11 – Seção transversal, rua 7,00 metros..... | 33 |
| Figura 12 – Seção transversal, rua 14,00 metros..... | 34 |
| Figura 13 – Visualização tridimensional do projeto de terraplanagem das ruas através do Civil3D. | 35 |
| Figura 14 – Trecho do projeto com a drenagem e as bacias lançadas. | 42 |
| Figura 15 – Esquema para cálculo da lâmina de água em dutos circulares. | 44 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Perfil longitudinal da rua 01. | 28 |
| Gráfico 2 – Perfil longitudinal da rua 02. | 29 |
| Gráfico 3 – Perfil longitudinal da rua 03. | 29 |
| Gráfico 4 – Perfil longitudinal da rua 04. | 29 |
| Gráfico 5 – Perfil longitudinal da rua 05. | 30 |
| Gráfico 6 – Perfil longitudinal da rua 06. | 30 |
| Gráfico 7 – Perfil longitudinal da rua 07. | 30 |
| Gráfico 8 – Perfil longitudinal da rua 08. | 31 |
| Gráfico 9 – Perfil longitudinal da rua 09. | 31 |
| Gráfico 10 – Perfil longitudinal da rua 10. | 31 |
| Gráfico 11 – Perfil longitudinal da rua 11. | 32 |
| Gráfico 12 – Perfil longitudinal da rua 12. | 32 |
| Gráfico 13 – Perfil longitudinal da rua 13. | 32 |
| Gráfico 14 – Curvas IDF para a cidade de João Pessoa. | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Intensidade da chuva para a cidade de João Pessoa..... | 37 |
| Tabela 2 – Taxas de permeabilidade de acordo com revestimento. | 39 |
| Tabela 3 – Coeficientes de runoff de acordo com revestimento. | 40 |
| Tabela 4 – Resumo de dados utilizados no cálculo do comprimento crítico de sarjeta. | 40 |
| Tabela 5 – Coeficiente de runoff de acordo com características da região | 43 |
| Tabela 6 – Resumo de dados utilizados no dimensionamento das redes de drenagem. | 44 |
| Tabela 7 – Comprimentos críticos de sarjeta para pavimento em CAUQ..... | 46 |
| Tabela 8 – Comprimentos críticos de sarjeta para pavimento em bloco intertravado. | 47 |
| Tabela 9 – Tabela de dimensionamento da rede de drenagem com pavimentação em CAUQ..... | 48 |
| Tabela 10 – Tabela de dimensionamento da rede de drenagem com pavimentação em bloco intertravado..... | 50 |
| Tabela 11 – Comparativo das tubulações das redes de drenagem. | 52 |
| Tabela 12 – Comparativo das profundidades dos poços de visita..... | 52 |
| Tabela 13 – Estimativa de orçamento simples para o sistema de drenagem com pavimento em CAUQ. | 53 |
| Tabela 14 – Estimativa de orçamento simples para o sistema de drenagem com pavimento em blocos intertravados..... | 54 |
| Tabela 15– Estimativa de orçamento simples para o pavimento em CAUQ. | 55 |
| Tabela 16 – Estimativa de orçamento simples para o pavimento em bloco intertravado. | 55 |
| Tabela 17 – Tabela resumo comparativa de custos..... | 56 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| CAUQ | Concreto Asfáltico Usinado a Quente |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| NBR | Norma Brasileira |
| PMJP | Prefeitura Municipal de João Pessoa |
| SINAPI | Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil |
| CEF | Caixa Econômica Federal |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 OBJETIVOS..... | 13 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 14 |
| 3.1 PANORAMA DA DRENAGEM PLUVIAL NO MUNICÍPIO JOÃO PESSOA | 14 |
| 3.2 MÉTODOS COMPENSATÓRIOS | 15 |
| 3.2.1 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS..... | 15 |
| 3.2.2 TELHADOS VERDES..... | 17 |
| 3.2.3 BACIA DE DETENÇÃO | 17 |
| 3.2.4 BACIA DE RETENÇÃO | 18 |
| 3.3 O USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO SOLUÇÃO PARA UMA DRENAGEM SUSTENTÁVEL | 19 |
| 3.3.1 TIPOS DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS | 20 |
| 3.3.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PAVIMENTO PERMEÁVEL | 24 |
| 4 METODOLOGIA | 25 |
| 4.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 25 |
| 4.2 PROJETO GEOMÉTRICO..... | 27 |
| 4.2.1 PERFIS LONGITUDINAIS | 28 |
| 4.2.2 PERFIS TRANSVERSAIS | 33 |
| 4.3 TERRAPLANAGEM | 34 |
| 4.4 CHUVA DE PROJETO | 35 |
| 4.5 COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA | 38 |
| 4.6 TRAÇADO DA REDE DE DRENAGEM | 41 |
| 4.7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM..... | 42 |
| 4.8 ANÁLISE DE CUSTOS | 45 |
| 5 RESULTADOS | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1 ANÁLISE DOS IMPACTOS FÍSICOS..... | 51 |
| 5.2 ANÁLISE DOS CUSTOS..... | 53 |
| 6 CONCLUSÃO | 56 |
| REFERÊNCIAS..... | 57 |
| APÊNDICE A - DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EM PAVIMENTO COM CAUQ..... | 60 |
| APÊNDICE B - DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EM PAVIMENTO EM BLOCO INTERTRAVADO..... | 61 |
| APÊNDICE C - PLANTA DE DRENAGEM PARA O PAVIMENTO EM CAUQ..... | 62 |
| APÊNDICE D - PLANTA DE DRENAGEM PARA O PAVIMENTO EM BLOCO INTERTRAVADO..... | 63 |

1 INTRODUÇÃO

A escolha dos sistemas de drenagem de regiões urbanas é de suma importância para a perfeita harmonia entre a sociedade e o meio ambiente, sendo necessário um estudo multidisciplinar e pragmático, em que todos os aspectos da infraestrutura sejam analisados de forma integrada (CANHOLI, 2004).

Dessa forma, a adoção de novas tecnologias e metodologias tem se mostrado bastante benéficas na concepção de novos projetos de drenagem, trazendo benefícios físico-financeiros e sustentabilidade.

Este trabalho tem o objetivo de realizar uma análise comparativa de duas propostas de sistemas de drenagem pluvial para uma região na cidade de João Pessoa – PB, localizada no bairro Costa e Silva, sendo a primeira proposta embasada em um projeto de drenagem pluvial urbana convencional e a segunda, em projeto de drenagem utilizando a concepção da pavimentação permeável como método compensatório para o controle do escoamento superficial.

Através desta análise, este trabalho busca apresentar as diferenças entre as propostas sugeridas, o comportamento de cada uma delas ao serem submetidas ao cenário proposto e um estudo comparativo dos impactos financeiros de suas instalações.

2 OBJETIVOS

Avaliar o desempenho físico e financeiro de um sistema de drenagem pluvial urbana, utilizando pavimentos permeáveis como alternativa para uma solução economicamente vantajosa e sustentável, em comparação com um projeto de drenagem convencional, em que a solução utilizada para o pavimento se apresenta impermeável.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A drenagem de água pluviais tem sido grande preocupação na construção de estradas desde muito tempo. As estradas da Roma Antiga, por exemplo, em geral, possuíam fundações formadas por grandes pedras dispostas em linha, possibilitando a drenagem da região pavimentada (BERNUCCI, L. et al., 2022).

O processo de urbanização provoca alterações nas características naturais do solo, podendo trazer diversos problemas caso seja feito sem planejamento. Dentre essas mudanças, está a alteração da permeabilidade das regiões que passam por esse processo, que através da pavimentação, pode resultar em grandes áreas com superfícies completamente impermeáveis.

A drenagem urbana desempenha um papel essencial na sustentabilidade das cidades modernas, visto que a urbanização crescente reduz áreas permeáveis e agrava problemas como enchentes e degradação ambiental.

Segundo Miguez et al. (2016), a drenagem urbana sustentável busca não apenas conduzir a água para fora das cidades, mas também permitir a infiltração e reaproveitamento, promovendo um ciclo hidrológico equilibrado.

3.1 PANORAMA DA DRENAGEM PLUVIAL NO MUNICÍPIO JOÃO PESSOA

A cidade de João Pessoa possui um sistema de drenagem que, apesar das melhorias promovidas nos últimos anos, ainda enfrenta desafios relacionados à urbanização acelerada e à deficiência de infraestrutura adequada em algumas regiões. O Plano Municipal de Saneamento Básico do Município João Pessoa (PMJP – 2015) aponta que uma das principais problemáticas enfrentadas é a ocupação desordenada e a impermeabilização do solo, fatores que contribuem para alagamentos e erosão do solo.

Em consonância com as diretrizes do Plano Diretor do Município de João Pessoa – PB (PMJP, 2023), o desenvolvimento urbano deve priorizar soluções sustentáveis que minimizem os impactos das águas pluviais. Entre essas soluções

estão os pavimentos permeáveis, telhados verdes e bacias de retenção, que reduzem a sobrecarga nos sistemas de drenagem convencionais.

Outro ponto relevante é a falta de infraestrutura verde e técnicas compensatórias na cidade, que poderiam minimizar os impactos da drenagem convencional. A adoção de soluções como pavimentos permeáveis, bacias de retenção e jardins de chuva pode contribuir significativamente para a melhoria da drenagem urbana. Além disso, a inserção de dispositivos de drenagem descentralizados ajuda a reduzir a sobrecarga dos sistemas tradicionais, aumentando a resiliência urbana.

No município de João Pessoa, a implementação de pavimentos permeáveis pode ser uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos das enchentes urbanas, especialmente em regiões com alta taxa de impermeabilização do solo. A viabilidade econômica e ambiental desse método será analisada ao longo deste estudo.

Conforme discutido por Canholi (2014), a drenagem convencional baseada apenas em escoamento rápido e tubulação subterrânea é insuficiente para lidar com eventos extremos, tornando necessária a adoção de técnicas compensatórias, como pavimentos permeáveis e bacias de retenção.

3.2 MÉTODOS COMPENSATÓRIOS

Os métodos compensatórios visam reduzir o impacto da urbanização sobre o ciclo hidrológico, promovendo o armazenamento ou a infiltração da água no solo e reduzindo o escoamento superficial.

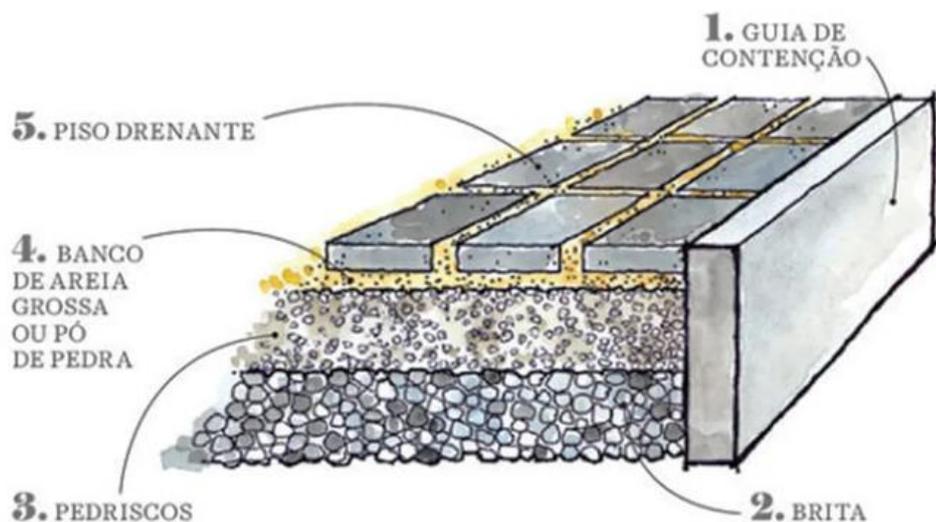
3.2.1 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Os pavimentos permeáveis são uma alternativa viável para reduzir a impermeabilização do solo, permitindo a infiltração da água pluvial e reduzindo o volume de escoamento superficial. Segundo Suzuki et al. (2013), esse tipo de

pavimento pode reduzir em até 50% o volume de água escoada, aliviando a carga sobre os sistemas de drenagem convencionais.

Os principais tipos de pavimentos permeáveis incluem concretos porosos, blocos intertravados e revestimentos asfálticos permeáveis. Cada um deles apresenta características específicas que influenciam seu desempenho na infiltração da água, sendo essenciais em projetos urbanos que buscam reduzir a formação de enxurradas e aumentar a segurança viária em períodos chuvosos. Além disso, a durabilidade e a capacidade de manutenção desses pavimentos devem ser levadas em consideração na escolha da melhor solução para cada localidade. A figura 1 apresenta o esquema de um pavimento permeável.

Figura 1 – Esquema para um pavimento permeável.



Fonte: I. Gaspar – Homify (2020).

Segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015, p. 2), o conceito de pavimento permeável:

Pavimento que atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à estrutura.

De acordo com Goldenfum et al. (2000), pavimentos podem eliminar a necessidade de estruturas de captação e dutos de condução das águas precipitadas, pois em alguns casos, praticamente não geram escoamentos superficiais, e a

dependem das condições locais, é possível que toda água precipitada seja plenamente infiltrada no solo.

3.2.2 TELHADOS VERDES

Os telhados verdes (figura 2) são coberturas vegetadas que reduzem o escoamento superficial e contribuem para o conforto térmico dos edifícios. Eles atuam como reservatórios temporários de água, retardando a chegada do volume de chuva ao solo e promovendo a evapotranspiração (MIGUEZ, M. et al., 2016).

Além dos benefícios ambientais, os telhados verdes podem aumentar a eficiência energética das edificações, reduzindo custos com climatização. Contudo, sua implementação requer um planejamento estrutural adequado para suportar o peso adicional do solo e da vegetação (RAPOSO, 2024).

Figura 2 – Telhado verde.



Fonte: Revista Haus (2018).

3.2.3 BACIA DE DETENÇÃO

As bacias de retenção (figura 3) são reservatórios temporários projetados para armazenar o excesso de água pluvial durante eventos de chuva intensa. Esses

dispositivos retardam o escoamento superficial, reduzindo o risco de enchentes e alagamentos. Conforme Canholi (2021), as bacias de retenção podem ser dimensionadas para diferentes escalas, desde pequenos sistemas em loteamentos até grandes reservatórios urbanos.

A eficiência das bacias de retenção está diretamente relacionada à sua capacidade de armazenamento e ao tempo de permanência da água. Além disso, podem ser associadas a outros métodos, como áreas vegetadas, para potencializar a infiltração e a purificação da água antes de seu lançamento nos corpos d'água naturais (MIGUEZ, M. et al., 2016).

Figura 3 – Bacia de retenção.



Fonte: Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção (2020).

3.2.4 BACIA DE RETENÇÃO

Diferente das bacias de retenção, que apenas retardam o escoamento da água pluvial, as bacias de retenção (figura 4) são projetadas para armazenar a água por períodos prolongados, permitindo sua infiltração no solo e contribuindo para a recarga dos lençóis freáticos. Esses dispositivos são fundamentais para cidades que enfrentam problemas de escassez hídrica e necessitam de estratégias para a conservação dos recursos hídricos.

Segundo Suzuki et al. (2013), a aplicação das bacias de retenção em áreas urbanas pode reduzir significativamente a carga sobre os sistemas convencionais de drenagem e evitar o assoreamento dos rios. Além disso, a vegetação presente nesses reservatórios auxilia na filtragem de poluentes, promovendo a melhoria da qualidade da água infiltrada.

Figura 4 – Parque Marinha do Brasil, Porto Alegre – RS. Bacia de retenção.



Fonte: Flytri Imagens Aéreas. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_Marinha_do_Brasil#/media/Ficheiro:Foto_A%C3%A9rea_Parque_Marinha_do_Brasil.jpg. Acesso em: 24 abr. 2025.

3.3 O USO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COMO SOLUÇÃO PARA UMA DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Os pavimentos permeáveis são uma solução eficiente para tornar as cidades mais resilientes aos impactos da urbanização. De acordo com Suzuki et al. (2019), a adoção desses pavimentos reduz significativamente os custos de manutenção dos sistemas de drenagem convencionais e melhora a qualidade da água infiltrada.

Os pavimentos permeáveis podem apresentar coeficientes de escoamento inferiores a 0,05 e ainda assim permitem a utilização do terreno como um pavimento (MARCHIONI, M. et al., 2016).

O fator que determina se o pavimento pode ser considerado permeável ou não, se trata do coeficiente de permeabilidade, ou seja, a capacidade que esse pavimento possui de percolar a água precipitada através de seus vazios, fendas ou juntas. Coeficientes de permeabilidade acima dos 10^{-5} m/s atestam que o pavimento irá funcionar de forma adequada (MARCHIONI, M. et al., 2016).

Um estudo feito por docentes da Faculdade Multivix São Mateus, realizou ensaios em 4 tipos de pavimento intertravado na cidade de São Mateus/ES. Através do método ASTM C 1701 – Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete, foram avaliadas as condições de permeabilidade desses pavimentos (MARTINS, J. et al., 2022).

Os resultados apontaram que a taxa de infiltração variou entre $6,196 \times 10^{-6}$ m/s e $1,632 \times 10^{-4}$ m/s, evidenciando assim a contribuição realmente efetiva do pavimento permeável para a drenagem. De acordo com Martins et al. (2022), o piso intertravado contribui muito para que a água infiltre no solo, sendo uma ótima solução para evitar o escoamento superficial, deterioração das vias e enchentes, trazendo maior conforto e qualidade de vida para a população.

Eles reduzem o volume de água que entra na rede de drenagem, diminuindo o risco de inundações, e podem ser aplicados em locais sem infraestrutura de drenagem. Esses dispositivos controlam o escoamento superficial na fonte, minimizando os impactos da urbanização, e evitam gastos com ampliação da rede por não a sobrecarregar. Além disso, favorecem a recarga do aquífero sem comprometer a qualidade da água subterrânea, possuem construção simples e rápida, e apresentam custos de vida útil inferiores aos de outros sistemas de drenagem (Suzuki et al., 2013).

3.3.1 TIPOS DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Os pavimentos permeáveis podem ser entendidos como estruturas-reservatório, que na ocorrência de chuvas, a água precipitada infiltra nas camadas drenantes abaixo do pavimento, ficando acumulada até que o processo de

escoamento ou de infiltração adotado transporte toda essa água para o destino planejado (SUZUKI, C. et al., 2013).

Ainda segundo Suzuki et al. (2013), os pavimentos permeáveis devem atender a duas funções primordiais:

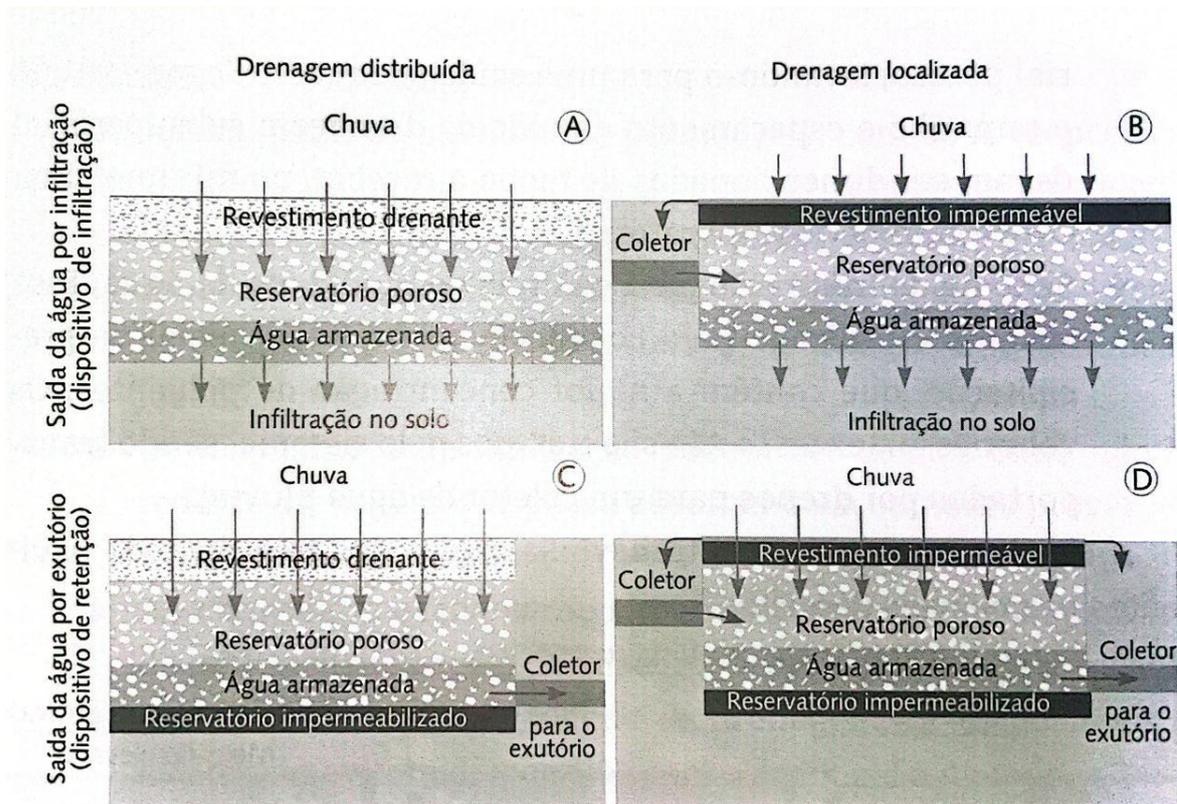
- Função mecânica: associada a resistir aos carregamentos provenientes do tráfego de veículo;
- Função hidráulica: associada ao objetivo de percolar a água da chuva através dos poros do pavimento adotado, retendo essa água pelo tempo que for necessário e destinando-a através da infiltração direta no solo ou por dispositivos artificiais de drenagem.

Dessa forma, para atender a função hidráulica do pavimento, o funcionamento hidráulico baseia-se nas seguintes questões:

- Entrada da água de forma direta pelos poros do pavimento ou através de coletores laterais, e distribuída nas camadas drenantes.
- Retenção temporária da água no interior do pavimento, através dos vazios das camadas granulares.
- Evacuação lenta da água, que pode ser feita através da infiltração direta no subleito do pavimento e/ou através de estruturas artificiais de drenagem.

Sendo assim, de acordo com Suzuki et al. (2013), os pavimentos permeáveis são divididos em quatro tipos, podendo ter revestimento permeável ou impermeável, e possuir a função de infiltração ou apenas de armazenamento, como ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Exemplos de diferentes tipos de pavimento permeável.

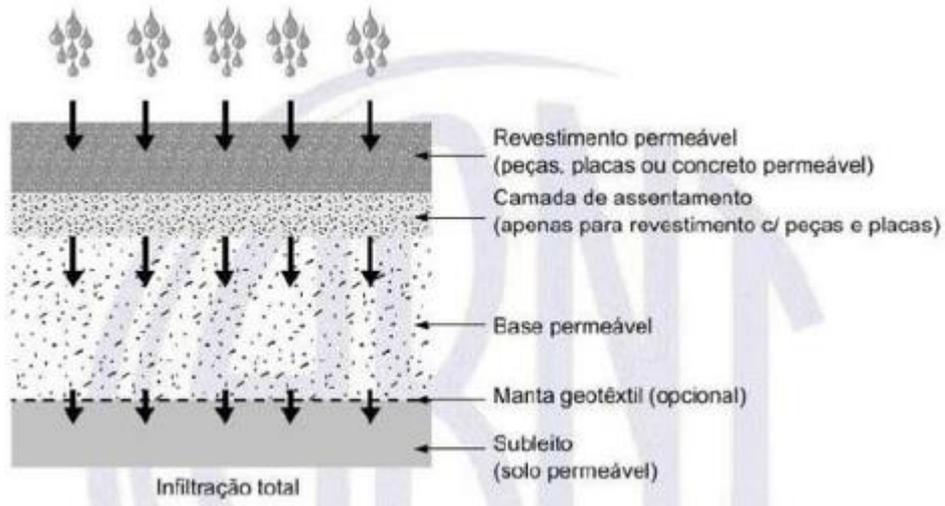


Fonte: Drenagem subsuperficial de pavimentos (2013).

De acordo com a NBR 16416, o pavimento permeável pode ser concebido em três categorias diferentes, de acordo com o sistema de infiltração. A escolha dessa concepção depende das características do solo da região ou de condicionantes do projeto (ABNT, 2015).

- Sistema de infiltração total: sistema em que o único meio de destinação final da água precipitada e armazenada no interior do pavimento é o subleito do pavimento, como pode-se verificar na figura 6. Para que esse sistema funcione, é necessário que o reservatório tenha tamanho suficiente para acomodar a água precipitada, bem como o subleito tenha boa capacidade de infiltração, promovendo o controle da descarga de pico para eventos de chuvas menores ou iguais à chuva de projeto.

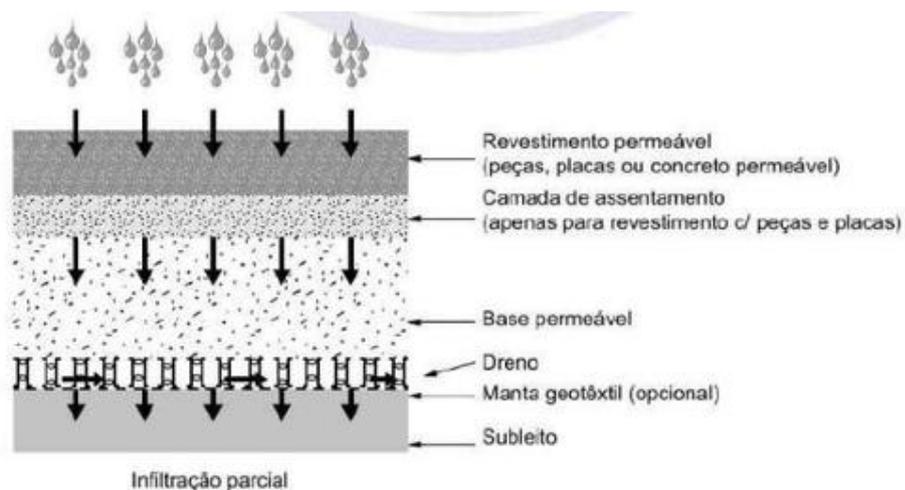
Figura 6 – Esquema de sistema de infiltração total.



Fonte: NBR 16416 (2015).

- Sistema de infiltração parcial: em situações em que o solo não possui boa capacidade de infiltração ou em casos de lençol freático elevado, esse sistema deve ser utilizado. Nesse sistema, apresentado na figura 7, parte da água precipitada infiltra no solo e outra parte é coletada através de estruturas auxiliares, como drenos perfurados, por exemplo. Os drenos farão a coleta do excesso de água incapaz de infiltrar no solo e darão o destino correto.

Figura 7 – Sistema de infiltração parcial.

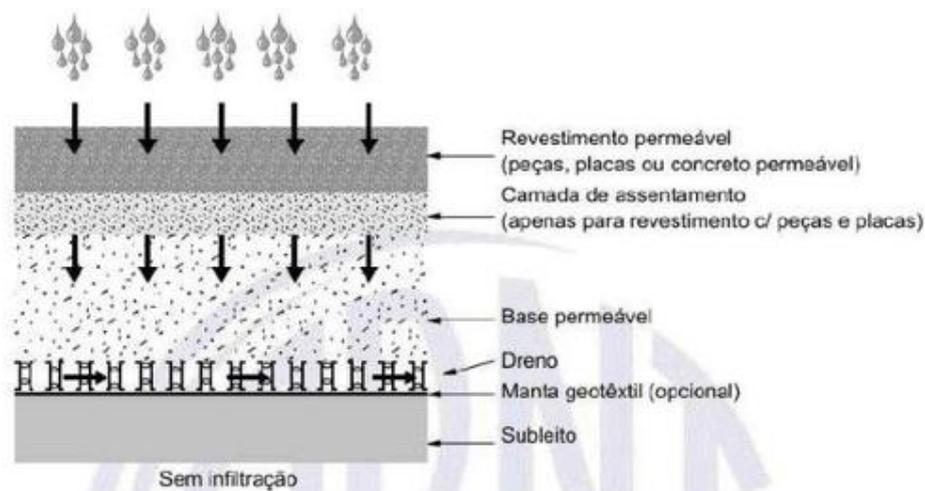


Fonte: NBR 16416 (2015).

- Sistema sem infiltração: nesse sistema, toda água precipitada pelo pavimento infiltra até as camadas drenantes do interior do pavimento e

não infiltrando no subleito, sendo removida por drenos, como ilustrado na figura 8.

Figura 8 – Sistema sem infiltração.



Fonte: NBR 16416 (2015).

3.3.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

A primeira desvantagem do pavimento intertravado se trata da resistência, quando comparada a outras soluções de pavimento. Devido a isso, o pavimento intertravado é indicado apenas para estacionamentos ou vias de pequeno e leve tráfego.

A utilização de pavimentos permeáveis carece de informações referentes a suas capacidades mecânicas. Para que essa metodologia seja mais difundida, são necessários avanços e difusão de informações no que tange a capacidade mecânica dessa concepção (COUTINHO, 2011).

Outra desvantagem importante para os pavimentos intertravados trata-se do processo de colmatação, ou seja, o preenchimento dos vazios e das juntas de infiltração por impurezas. Esse processo condiciona esse tipo de pavimentação a uma rotina de manutenções periódicas, para execução da limpeza desse pavimento, com o objetivo de preservar sua funcionalidade e eficiência.

Segundo Virgilis (2009), o processo de colmatação quando em estado avançado, faz com que a capacidade de infiltração de água pluviais nas estruturas permeáveis tornem-se nulas, fazendo com que o pavimento funcione de forma impermeável.

De acordo com Barros e Boaventura (2020, p. 312), sobre um estudo de diversos tipos de pavimentos permeáveis:

Vale lembrar que estes pavimentos testados precisam de manutenção constante e periodicamente, o que confere um maior custo. Contudo esse valor pode ser deduzido pela redução da drenagem resultante da área, tendo em vista que grande parte do volume se infiltrará.

Já as vantagens do pavimento intertravado refere-se justamente a capacidade de infiltrar águas da chuva, reduzindo a carga sobre a rede convencional de drenagem, além dos custos de instalação que tendem a ser menores que outras soluções de pavimento.

Parte da poluição dos corpos hídricos se dá pelo escoamento superficial, que carrega material solto através de superfícies impermeáveis. Sendo assim, uma grande vantagem de pavimentos permeáveis embasa-se no controle da qualidade da água, promovendo a infiltração natural das águas das chuvas no solo, ou impedindo a carreamento de material poluente até corpos hídricos próximos (WIEBBELING, 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo definida para este trabalho foi uma região do bairro Costa e Silva do município de João Pessoa – PB (Figura 9). A região escolhida para este trabalho possui em torno de 7,74 hectares, sendo cerca de 5,12 hectares formados por lotes de casas, escola e cozinha comunitária, e cerca de 2,62 hectares correspondentes a área das ruas, sarjetas e calçadas.

A partir de informações topográficas adaptadas de levantamento topográfico da Prefeitura Municipal de João Pessoa - PB no ano de 2007, utilizou-se o software

Civil3D da Autodesk para modelar as ruas da área de estudo (Figura 10) e elaborar os projetos de drenagem de águas pluviais com o objetivo de comparar os resultados obtidos perante o uso de dois tipos de pavimentos.

Para o sistema de drenagem convencional, será adotada a solução de pavimentação flexível, do tipo Concreto Asfáltico Usina a Quente (CAUQ), que de acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005), possui uma superfície quase impermeável.

Já para o pavimento do tipo permeável, será adotada a solução de blocos intertravados com juntas alargadas sem rejunte, que de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa (PMJP – 2015), pode atingir uma taxa de permeabilidade de 25%.

Como o foco do trabalho se trata da comparação dos sistemas de microdrenagem, optou-se pelo não dimensionamento das estruturas do pavimento permeável, considerando inicialmente que o solo presente na região de estudo tenha capacidade para um sistema de infiltração total, devido a inviabilidade da realização de ensaios tanto para os pavimentos adotados, como para o material do subleito da área de estudo.

Figura 9 – Área de estudo.

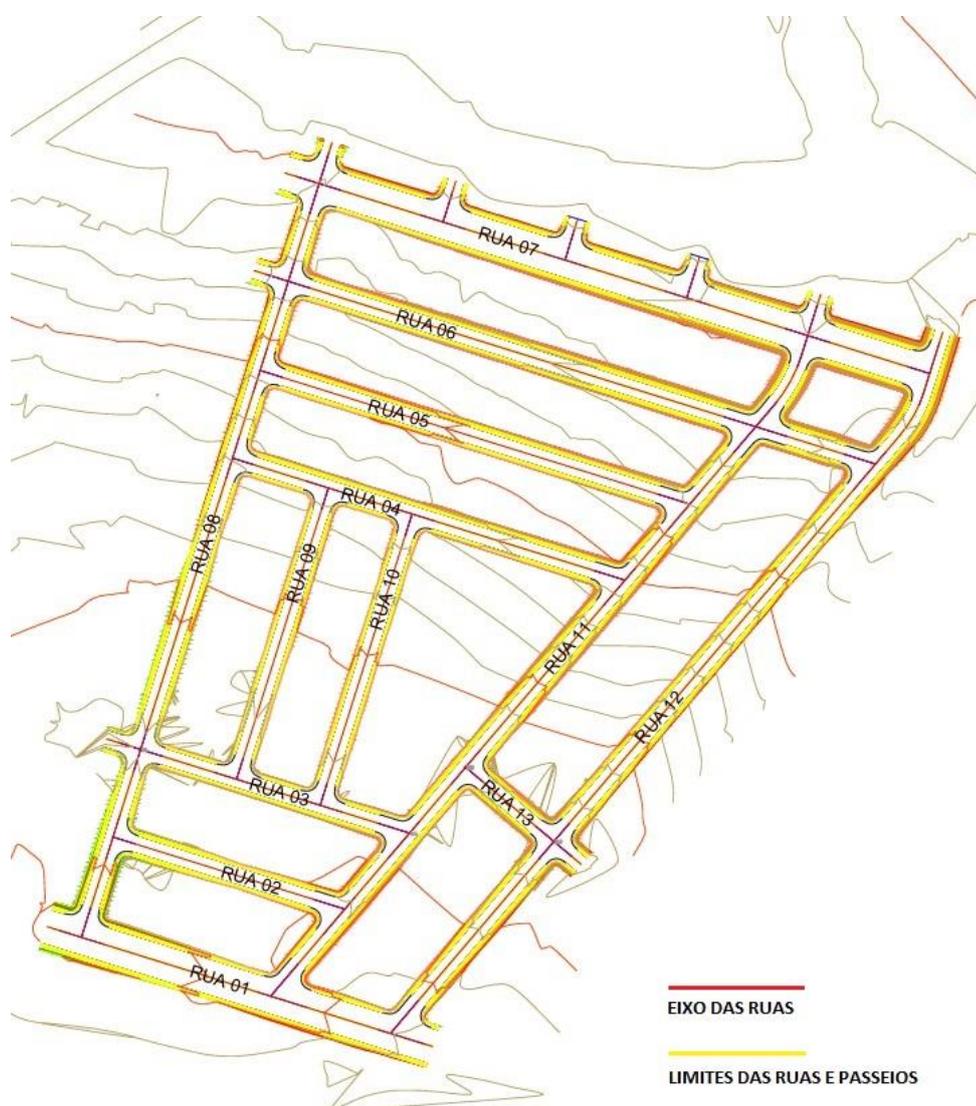


Fonte: Imagem extraída do Google Earth em 17 abr. 2025.

4.2 PROJETO GEOMÉTRICO

O primeiro passo realizado trata-se da modelagem das ruas da área estudada, como mostra a figura 10. Através do software Civil3D, as ruas foram remodeladas, adotando-se caimentos longitudinais e transversais de acordo com as normas do DNIT e em concordância com as determinações do Plano Diretor do Município de João Pessoa (PMJP – 2023), bem como, também, do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa (PMJP – 2015).

Figura 10 – Modelo geométrico das ruas.



Fonte: Autoria própria (2025) adaptada de levantamento topográfico da PMJP em 2007.

Segundo Vigilis (2009), as declividades longitudinais e transversais da superfície do pavimento devem ser adequadas de maneira a controlar o escoamento

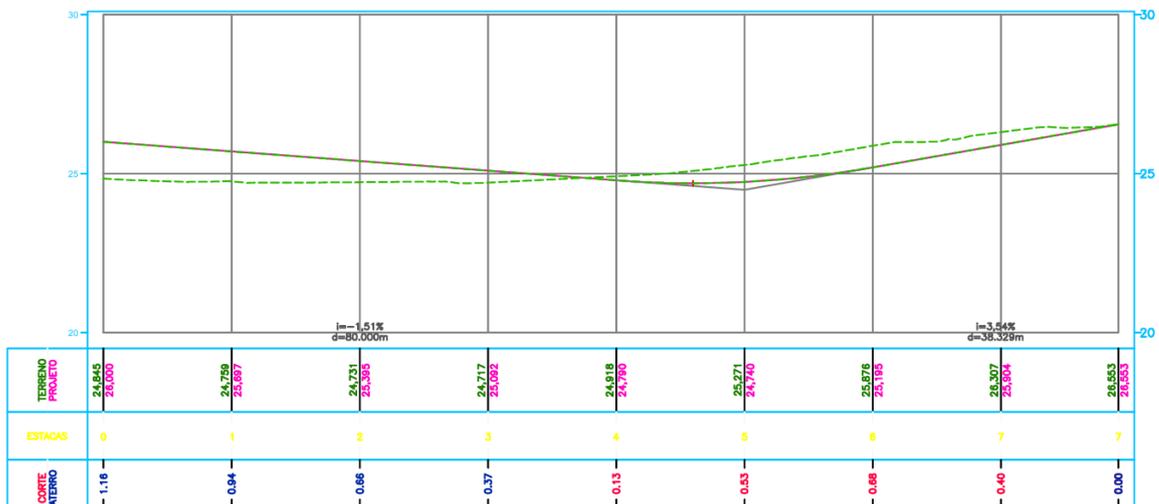
superficial e conseqüentemente preservar a eficiência do pavimento permeável. Inclinações abaixo de 0,35% podem favorecer a formação de poças de água, já declividade muito elevadas podem aumentar a velocidade de escoamento, ambos os casos prejudicando o funcionamento do pavimento.

4.2.1 PERFIS LONGITUDINAIS

Após a modelagem das ruas em planta baixa, foram gerados os perfis longitudinais do terreno natural dessas ruas, para que posteriormente, fossem elaborados os perfis longitudinais projetados, que vão fornecer a geometria vertical e conseqüentemente as declividades do pavimento acabado.

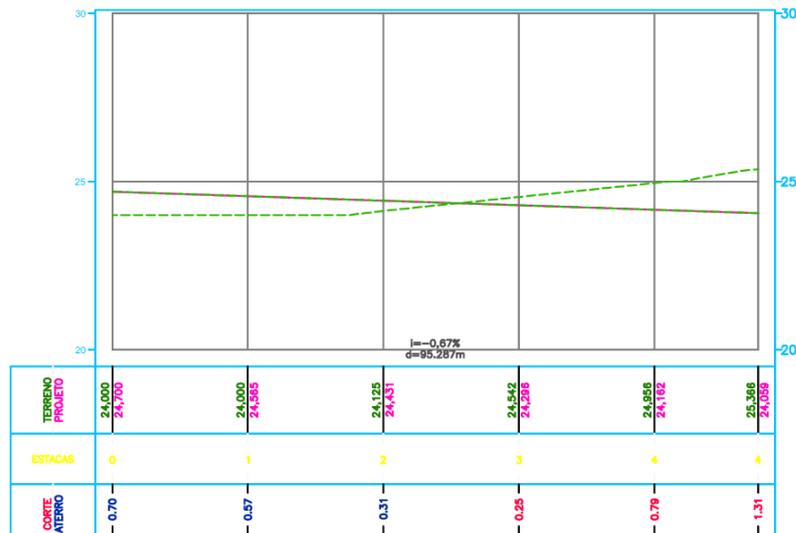
Os perfis longitudinais apresentam nas linhas tracejadas de cor verde, o perfil do terreno natural, já nas linhas contínuas de cor magenta, os perfis projetados das ruas. Através dos gráficos 1 ao 13, consegue-se extrair dados como declividade, cotas e volumes de corte e aterro.

Gráfico 1 – Perfil longitudinal da rua 01.



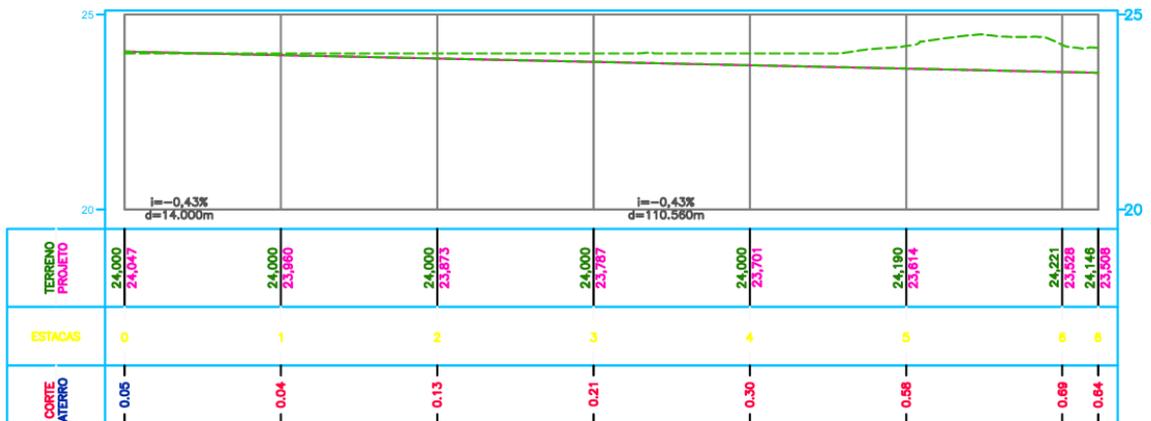
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 2 – Perfil longitudinal da rua 02.



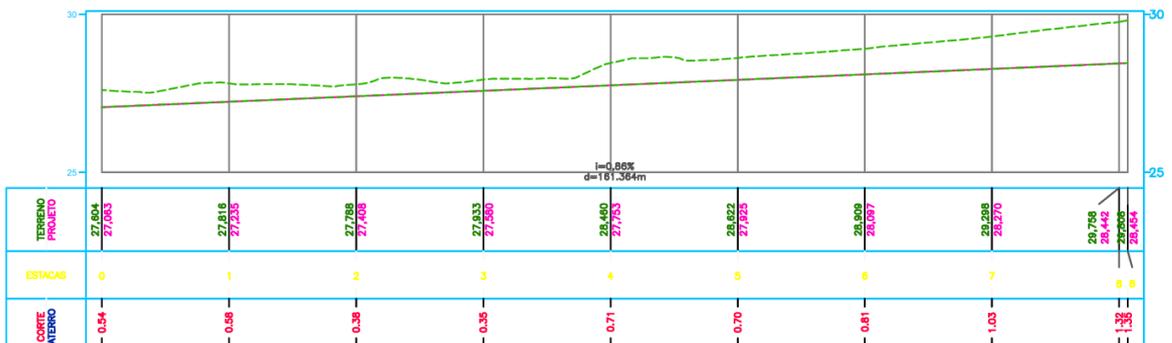
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 3 – Perfil longitudinal da rua 03.



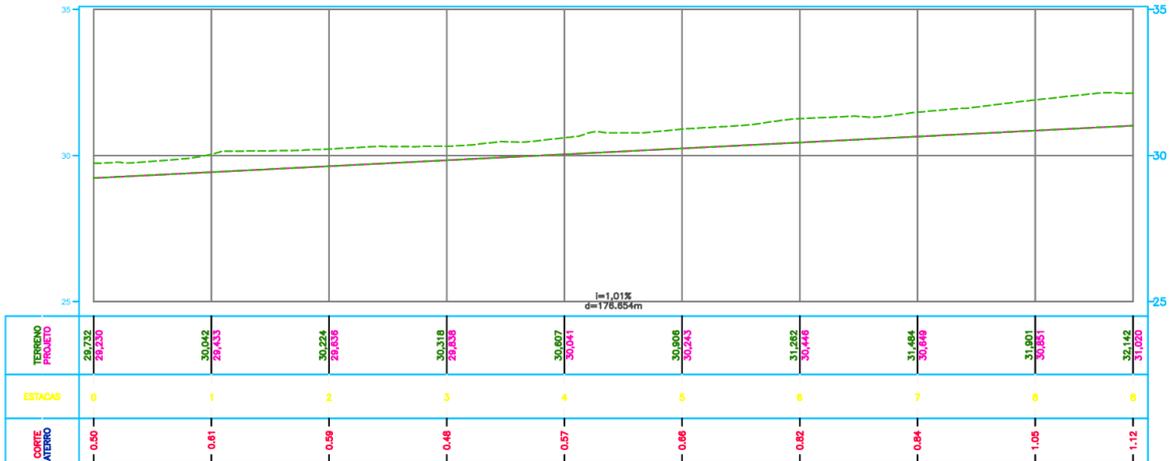
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 4 – Perfil longitudinal da rua 04.



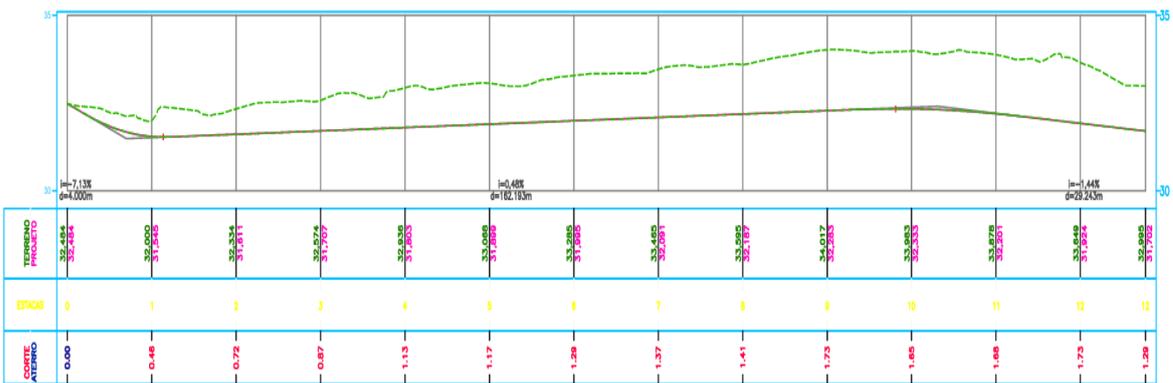
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 5 – Perfil longitudinal da rua 05.



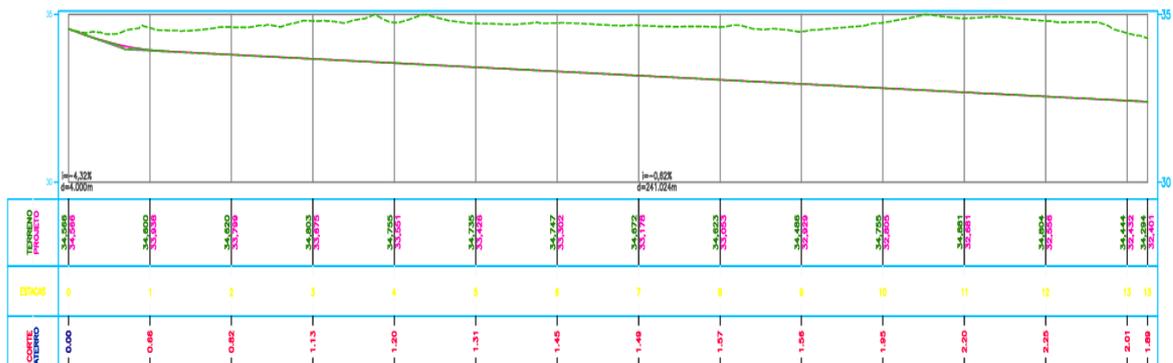
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 6 – Perfil longitudinal da rua 06.



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 7 – Perfil longitudinal da rua 07.



Fonte: Autoria própria (2025).

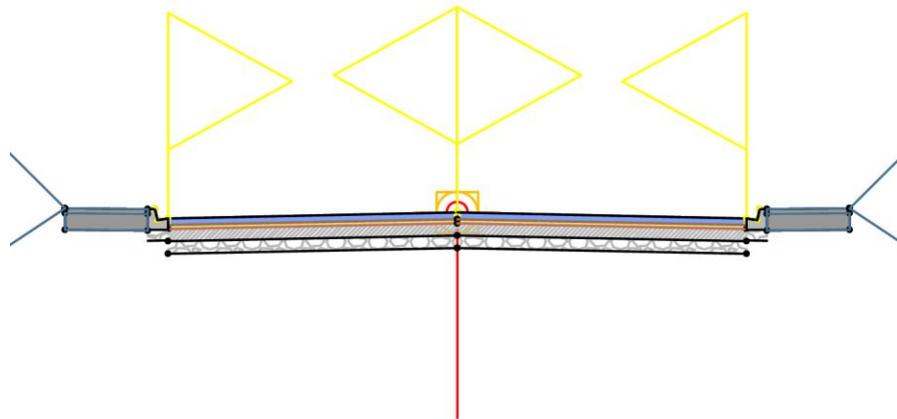
4.2.2 PERFIS TRANSVERSAIS

Após o traçado dos perfis longitudinais, são escolhidos os perfis transversais das ruas do projeto, representados pelas figuras 11 e 12. Os perfis transversais determinam a declividade transversal da pista, bem como suas dimensões. Também é através dos perfis transversais que é definida a geometria das sarjetas.

Foi definido então, que as ruas mais largas teriam 14,00 metros de largura, ou seja, cada faixa de rolamento teria 7,00 metros de largura e uma declividade transversal de 2%. Já as ruas mais estreitas teriam 7,00 metros de largura, resultando em duas faixas de rolamento de 3,50 metros, também com declividade transversal de 2%.

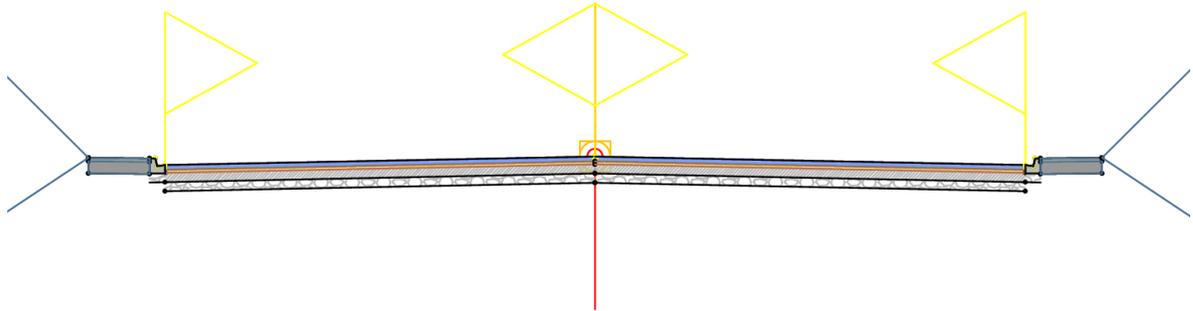
A sarjeta foi escolhida de acordo com o padrão DNIT do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem, modelo MFC03, e para auxiliar, também está sendo considerada 50% da faixa de rolamento como região para escoamento da água, resultando numa área de $0,0368\text{m}^2$ de seção transversal.

Figura 11 – Seção transversal, rua 7,00 metros.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 12 – Seção transversal, rua 14,00 metros.



Fonte: Autoria própria (2025).

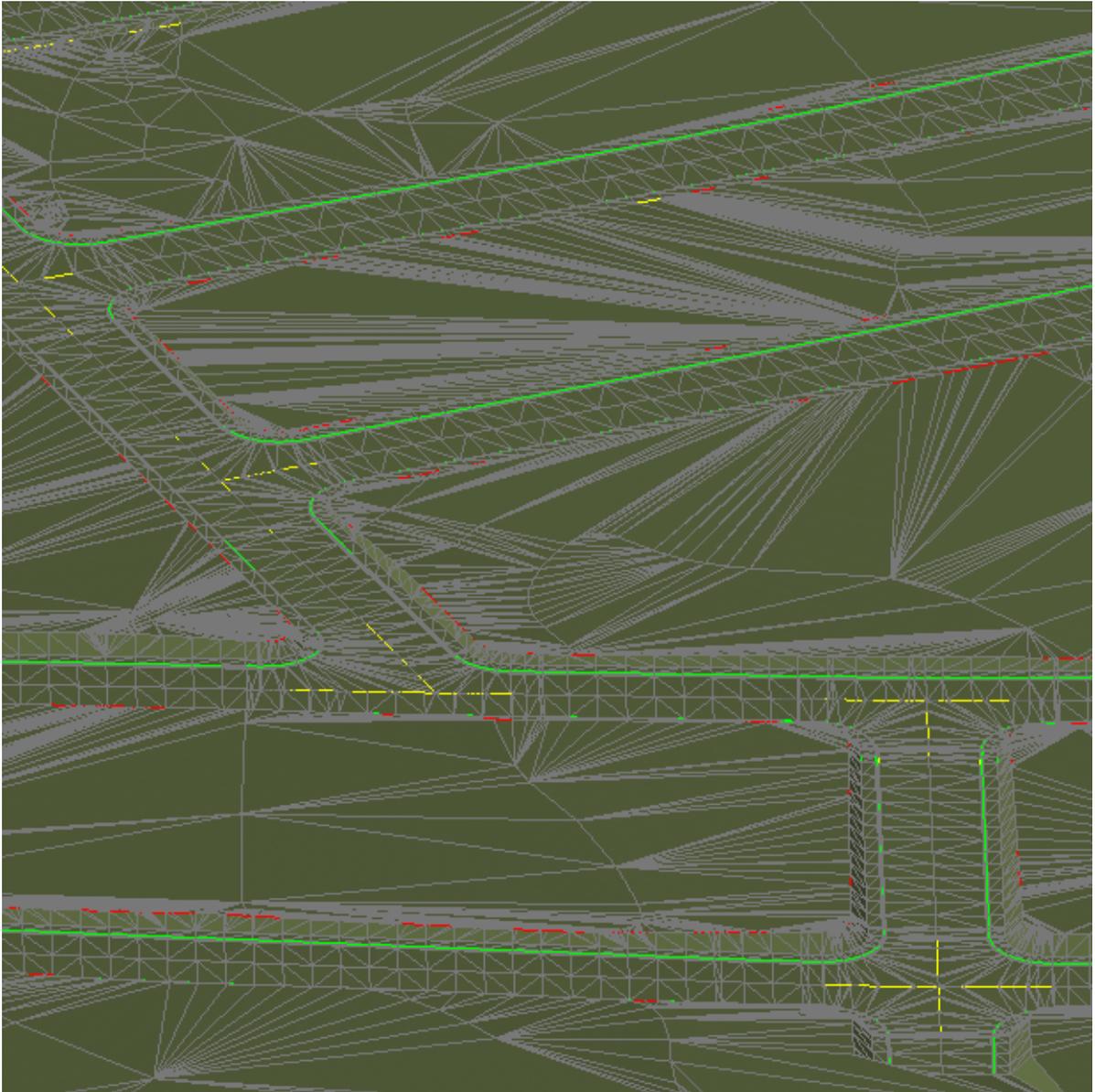
4.3 TERRAPLANAGEM

Em seguida, gerou-se as superfícies do projeto, já considerando o terreno dos lotes e a geometria das ruas de acordo com a etapa anterior, tornando o projeto tridimensional.

Através da ferramenta “corredores” do Civil3D, o software compatibiliza automaticamente os perfis longitudinais com os perfis transversais de cada rua. Dessa forma, é possível gerar de forma automática a superfície das ruas e anexá-las na superfície do terreno natural.

Na figura 13, é possível identificar algumas triangulações geradas pelo software, que dão origem as superfícies dos lotes, ruas, passeios, sarjetas e meios-fios. A partir da geração das superfícies, o software passa a entender os caminhos percorridos pelas águas da chuva, sendo possível identificar pontos de alagamento e maior vazão de escoamento.

Figura 13 – Visualização tridimensional do projeto de terraplanagem das ruas através do Civil3D.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.4 CHUVA DE PROJETO

Este parâmetro é muito importante no dimensionamento da rede drenagem, pois através dele que se determina o volume de água pluviais que atinge a área de estudo, podendo essas águas infiltrarem no solo ou escoarem superficialmente até atingirem os elementos de drenagem, como sarjetas e bocas de lobo.

Segundo Miguez et al. (2016, p. 190):

Os projetos de sistema de drenagem urbana têm como objetivo principal ordenar o escoamento das águas provenientes das chuvas. Porém as precipitações possuem uma grande variedade de comportamento, no tempo e no espaço. Assim, o projetista deverá definir uma chuva padrão máxima para a qual o sistema terá plena capacidade de resposta ao volume de água precipitado. Essa será a chuva de projeto.

Para o cálculo da chuva de projeto, deve ser definida a equação de chuvas intensas para a área a ser estudada. A equação de chuvas intensas é definida através de estudos estatísticos relacionados às séries hidrológicas existentes para a região de projeto. Dessa forma, em geral, a equação de chuvas intensas se apresenta na forma da equação 1.

$$i = \frac{a \cdot T_r^n}{(t+b)^m} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: i é a intensidade da chuva em mm/h, T_r é o período de retorno em anos, t é a duração da chuva em minutos e a , n , b e m são parâmetros adimensionais.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa (PMJP – 2015), no trabalho do engenheiro J. Aquino, relativo à sua dissertação de mestrado em recursos hídricos, consta o desenvolvimento da equação de chuvas intensas para o município de João Pessoa. Segundo o engenheiro Aquino, a equação 2 representa essas relações para o município.

$$i = \frac{369,4 \cdot T_r^{0,15}}{(t+5)^{0,568}} \quad (\text{Equação 2})$$

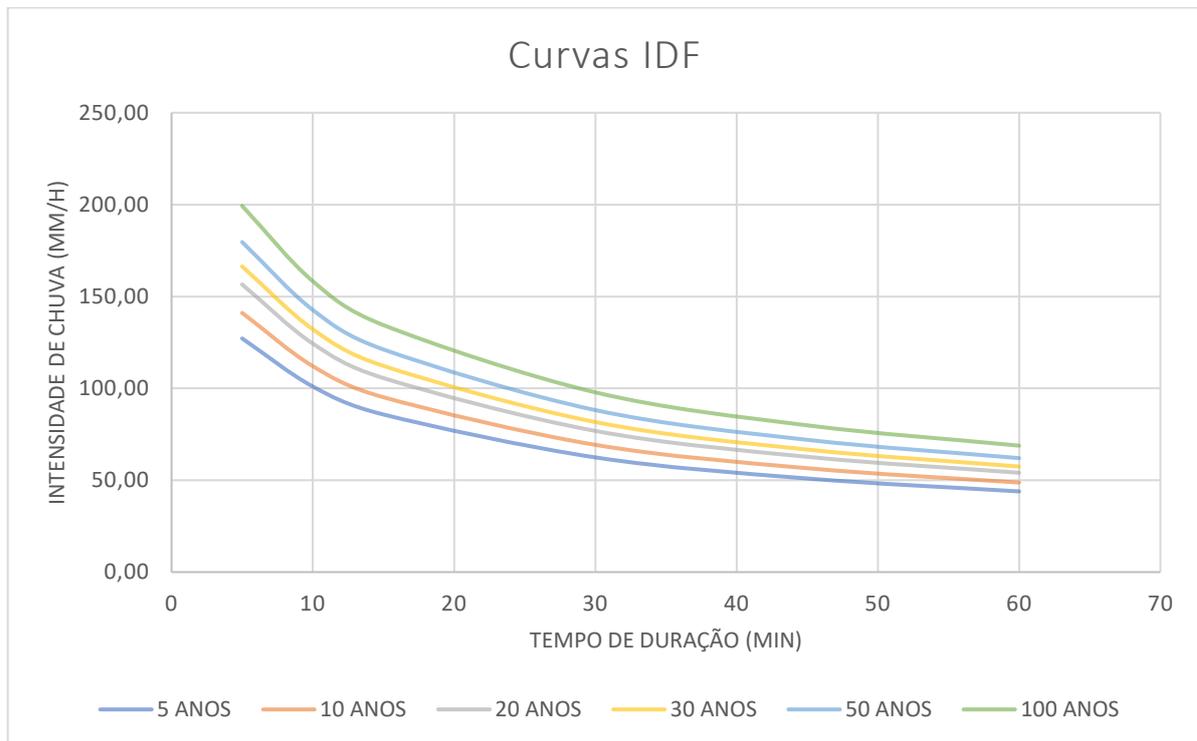
Através da equação de chuvas intensas, gerou-se a tabela 1 e as curvas IDF (intensidade x duração x frequência) (Gráfico 14). As curvas IDF são utilizadas para determinação da intensidade de chuvas, a duração e a frequência de ocorrência, e são comumente utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas.

Tabela 1 – Intensidade da chuva para a cidade de João Pessoa.

| DURAÇÃO / PERÍODO DE RETORNO | 5 anos | 10 anos | 20 anos | 30 anos | 50 anos | 100 anos |
|------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 5min | 127,16 | 141,09 | 156,55 | 166,37 | 179,61 | 199,30 |
| 10min | 101,00 | 112,07 | 124,35 | 132,14 | 142,67 | 158,30 |
| 15min | 85,77 | 95,17 | 105,60 | 112,22 | 121,16 | 134,43 |
| 30min | 62,42 | 69,26 | 76,85 | 81,66 | 88,17 | 97,83 |
| 45min | 50,97 | 56,56 | 62,75 | 66,69 | 72,00 | 79,89 |
| 60min | 43,91 | 48,73 | 54,07 | 57,46 | 62,03 | 68,83 |

Fonte: Aatoria própria (2025).

Gráfico 14 – Curvas IDF para a cidade de João Pessoa.



Fonte: Aatoria própria (2025).

De acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estrutura de Drenagem (DNIT, 2005), foi adotado para este dimensionamento, um período de retorno de 10 anos. Seguindo o Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba (SUDERHSA, 2002), devido a carência de diretrizes próximas, determinou-se uma duração de chuva de 10 minutos.

4.5 COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA

Em seguida, define-se os comprimentos críticos das sarjetas, para cada rua da área de estudo. Esse é o comprimento máximo suportado para escoamento superficial da água pela sarjeta, sem que haja um elemento de captação, de acordo com a intensidade das chuvas, definida na etapa anterior e a geometria da sarjeta, escolhida na etapa da modelagem dos perfis transversais.

Para o cálculo do comprimento crítico, faz-se uma associação entre as equações do método racional (Equação 3) e a equação de Manning (Equação 4).

$$Q = \frac{C * i * A}{360} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde Q é a vazão, C é o coeficiente de runoff, i é a intensidade da chuva e A é a área da bacia de contribuição.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde Q é a vazão, n é o coeficiente de Manning, A é a área da seção transversal da sarjeta, Rh é o raio hidráulico da sarjeta, I é a declividade longitudinal da sarjeta.

Considerando a área das bacias de contribuição um retângulo, e considerando que um lote não pode despejar água pluviais no outro, tem-se uma relação de área igual a comprimento x largura. Dessa forma, chega-se à equação do comprimento crítico de sarjeta (Equação 5).

$$d = \frac{36 * 10^4 * A * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}}{C * i * L * n} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde d é o comprimento crítico da sarjeta, A é a área da seção transversal da sarjeta, R_h é o raio hidráulico da sarjeta, I é a declividade longitudinal da sarjeta, C é o coeficiente de runoff, i é a intensidade da chuva, L é a largura da bacia de contribuição e n é o coeficiente de Manning.

O período de retorno adotado foi de 10 anos, por recomendação do Manual de Hidrologia Básica para Estrutura de Drenagem (DNIT, 2005) e a duração de chuva de 10 minutos, seguindo recomendações de manuais de drenagem, como o da região metropolitana de Curitiba – PR e do Distrito Federal, tendo em vista a carência de diretrizes em regiões mais próximas. Dessa forma, a intensidade da chuva de projeto será de 112,07mm/h.

O coeficiente de runoff adotado para o pavimento permeável em blocos intertravados foi de 0,75, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa (PMJP – 2015), como apresenta a tabela 2, já o coeficiente de runoff para o pavimento em CAUQ foi de 0,95, de acordo com o Manual de Hidrologia para Estruturas de Drenagem do DNIT (DNIT – 2005), evidenciado na tabela 3. Todos os dados adotados podem ser conferidos na tabela 4.

Tabela 2 – Taxas de permeabilidade de acordo com revestimento.

| TIPO DE REVESTIMENTO DE PISO | TAXA DE PERMEABILIDADE A SER CONSIDERADA |
|---|---|
| Asfáltico | Impermeável |
| Concreto alisado ou placas de concreto contínuo | impermeável |
| Ladrilhos cerâmicos, porcelanatos ou similares | Impermeável |
| Paralelepípedo | Impermeável |
| Tijolo cerâmico natural | 5% (cinco por cento) de taxa de permeabilidade |
| Ladrilhos hidráulicos (mosaicos) ou similares | 5% (cinco por cento) de taxa de permeabilidade |
| Pedra sem rejunte | 10% (dez por cento) de taxa de permeabilidade |
| Intertravado de concreto sem rejunte | 25% (vinte e cinco por cento) de taxa de permeabilidade |
| Pedra tosca irregular | 25% (vinte e cinco por cento) de taxa de permeabilidade |
| Cobograma em blocos de concreto com vazaduras | 50% (cinquenta por cento) de taxa de permeabilidade |
| Gramma | 100% (cem por cento) de taxa de permeabilidade |
| Brita solta, cascalhos ou em terra solta | 100% (cem por cento) de taxa de permeabilidade |

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa (2015).

Tabela 3 – Coeficientes de runoff de acordo com revestimento.

| TIPO DE SUPERFÍCIE | COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c" |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Ruas: | |
| Asfalto | 0,70 a 0,95 |
| Concreto | 0,80 a 0,95 |
| Tijolos | 0,70 a 0,85 |
| Trajetos de acesso a calçadas | 0,75 a 0,85 |
| Telhados | 0,75 a 0,95 |
| Gramados; solos arenosos: | |
| Plano, 2% | 0,05 a 0,10 |
| Médio, 2 a 7% | 0,10 a 0,15 |
| Íngreme, 7% | 0,15 a 0,20 |
| Gramados; solo compacto: | |
| Plano, 2% | 0,13 a 0,17 |
| Médio, 2 a 7% | 0,18 a 0,22 |
| Íngreme, 7% | 0,15 a 0,35 |

Fonte: Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem – DNIT (2005).

Tabela 4 – Resumo de dados utilizados no cálculo do comprimento crítico de sarjeta.

| TABELA RESUMO DE DADOS | |
|--|------------|
| Período de retorno (Tr) | 10 anos |
| Duração de chuva (t) | 10 minutos |
| Intensidade de chuva (i) | 112,07mm/h |
| Coeficiente de runoff CAUQ (C) | 0,95 |
| Coeficiente de runoff bloco intertravado (C) | 0,75 |

Fonte: Autoria própria (2025).

Seguindo os passos apresentados, foram geradas duas tabelas, uma para a modelagem do projeto concebido com o pavimento em CAUQ, e outra para o projeto concebido em pavimento intertravado, de acordo com as declividades de cada trecho das ruas. Para os cálculos, o coeficiente de Manning considerado para tubulação de concreto foi de 0,015.

4.6 TRAÇADO DA REDE DE DRENAGEM

Com todos os parâmetros geométricos definidos, parte-se para o traçado da rede de drenagem. Inicialmente define-se as diretrizes iniciais de projeto.

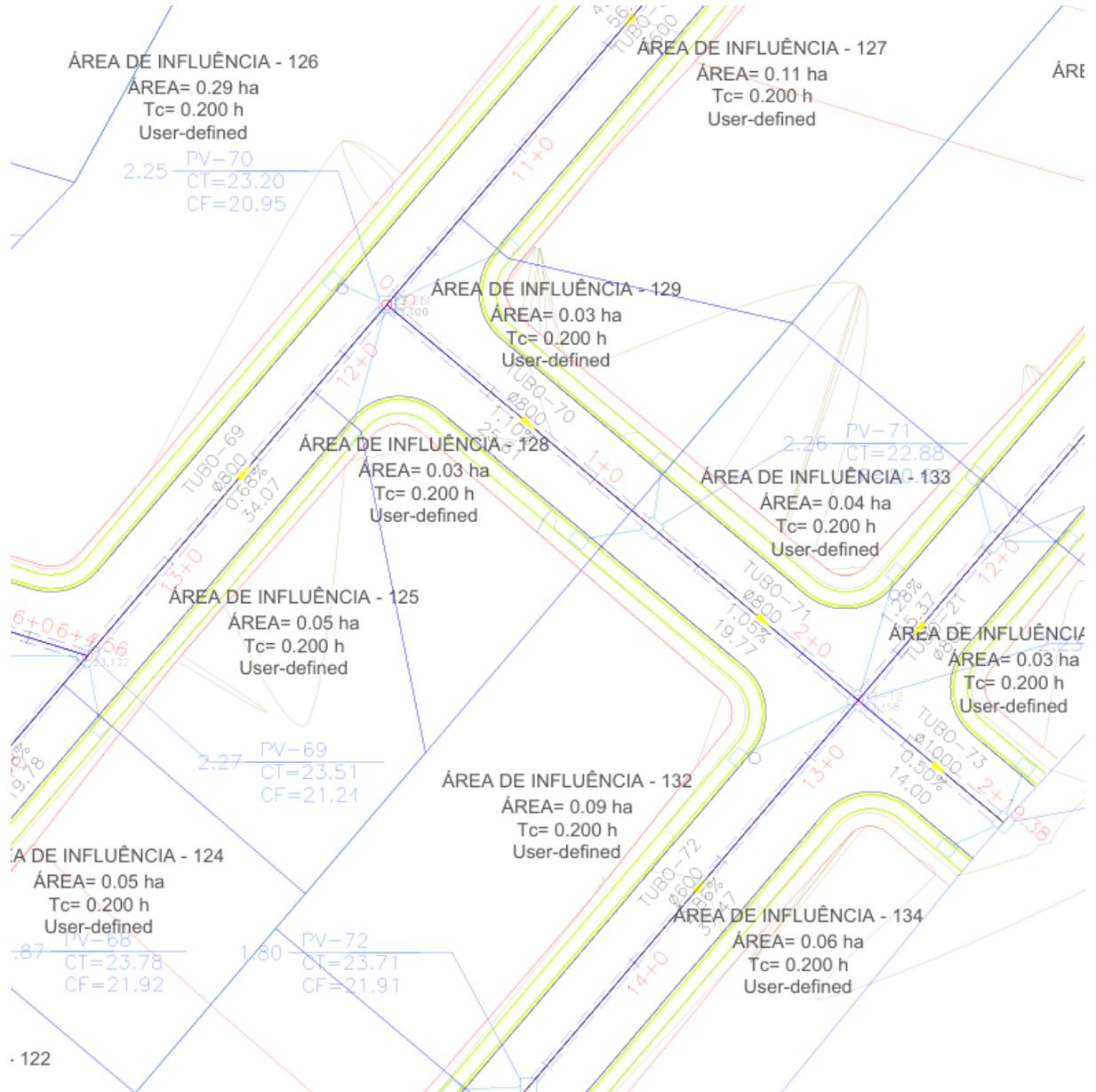
A primeira diretriz a ser definida trata-se do recobrimento mínimo que deverão ter as tubulações. Para este trabalho, utilizou-se a recomendação do Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba (SUDERHSA, 2002), que determina recobrimento mínimo igual a uma vez e meia o diâmetro da tubulação.

Em seguida definiu-se a diretriz referente a declividade mínima da tubulação, adotada através do Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT, sendo essa declividade mínima de 0,50%. A declividade mínima é muito importante para garantir que a tubulação tenha capacidade autolimpante, caso a declividade seja muito baixa, existe o risco de acúmulo de material sólido nas zonas intermediárias da tubulação, áreas de difícil manutenção e que podem resultar em problemas na eficiência do sistema de drenagem.

Após a definição das diretrizes iniciais, o traçado seguiu algumas recomendações práticas. O diâmetro mínimo para as tubulações das bocas de lobo adotado foi de 400mm, e para as tubulações dos poços de visita foi de 600mm. A distância máxima entre dois poços de visita adotada foi de 60,00 metros. Após essas considerações, as redes de drenagem para as duas concepções abordadas no trabalho foram lançadas, assim como, também, foi feito o traçado das bacias de contribuição para cada trecho da rede.

A figura 14 apresenta um trecho da rede de drenagem lançada para o pavimento em CAUQ.

Figura 14 – Trecho do projeto com a drenagem e as bacias lançadas.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

Agora, com a rede já lançada, seguiu-se para dimensionamento da rede com o auxílio do software Excel.

O método racional foi utilizado para dimensionamento da rede, através da equação 3. Para verificação da rede, foram consideradas as diretrizes de altura da

lâmina de água e velocidade. A altura da lâmina de água máxima definida para este trabalho foi de 75% do diâmetro da tubulação, como recomenda o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT. No caso da velocidade, foram adotados limites mínimo e máximo, sendo eles 1,00m/s e 3,00m/s, respectivamente.

Por último, o coeficiente de runoff foi determinado aplicando-se uma média ponderada, entre a área pavimentada e a área dos lotes (Tabelas 2, 3 e 5). Para o projeto em pavimento de CAUQ, o coeficiente de runoff adotado foi de 0,60, já para o projeto em pavimento intertravado, o coeficiente de runoff adotado foi de 0,52.

Todos os dados utilizados no dimensionamento das redes podem ser conferidos na tabela 6.

Tabela 5 – Coeficiente de runoff de acordo com características da região

| DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS | COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c" |
|--|-----------------------------|
| Comércio: | |
| Áreas Centrais | 0,70 a 0,95 |
| Áreas da periferia do centro | 0,50 a 0,70 |
| Residencial: | |
| Áreas de uma única família | 0,30 a 0,50 |
| Multi-unidades, isoladas | 0,40 a 0,60 |
| Multi-unidades, ligadas | 0,60 a 0,75 |
| Residencial (suburbana) | 0,25 a 0,40 |
| Área de apartamentos | 0,50 a 0,70 |
| Industrial: | |
| Áreas leves | 0,50 a 0,80 |
| Áreas densas | 0,60 a 0,90 |
| Parques, cemitérios | 0,10 a 0,25 |
| Playgrounds | 0,20 a 0,35 |
| Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro | 0,20 a 0,40 |
| Terrenos baldios | 0,10 a 0,30 |

Fonte: Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem – DNIT (2005).

Tabela 6 – Resumo de dados utilizados no dimensionamento das redes de drenagem.

| TABELA RESUMO DE DADOS | |
|---|--------|
| Recobrimento mínimo | 1,5xD |
| Declividade mínima | 0,50% |
| Diâmetro mínimo para bocas de lobo | 400mm |
| Diâmetro mínimo para poços de visita | 600mm |
| Comprimento máximo de tubulação | 60m |
| Altura máxima da lâmina d'água | 0,75xD |
| Velocidade mínima | 1,0m/s |
| Velocidade máxima | 3,0m/s |
| Coefficiente de runoff CAUQ | 0,60 |
| Coefficiente de runoff bloco intertravado | 0,52 |

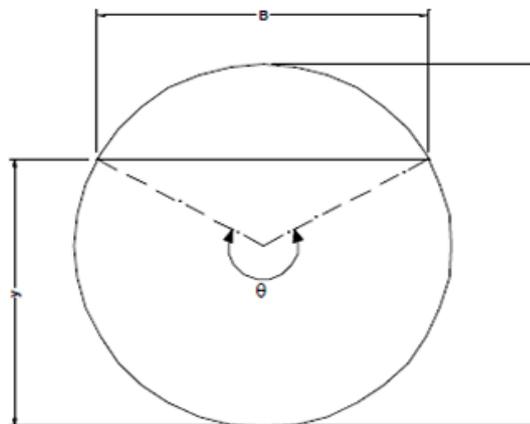
Fonte: Autoria própria (2025).

Após o dimensionamento da rede de drenagem, foram feitas as verificações para o bom funcionamento do sistema. A verificação da velocidade é feita através da equação de Manning (equação 4). Já a lâmina de água nos dutos de drenagem é calculada através da equação 6.

$$\theta = 2 * \arccos \left(1 - 2 * \frac{y}{D} \right) \quad (\text{Equação 6})$$

Onde θ é o ângulo formado pelo semicírculo da lâmina de água, y é a altura da lâmina de água e D é o diâmetro do tubo, conforme observado na figura 15.

Figura 15 – Esquema para cálculo da lâmina de água em dutos circulares.



Fonte: Autoria própria (2025).

4.8 ANÁLISE DE CUSTOS

Para a análise comparativa dos custos entre as duas soluções de drenagem pluvial, foi realizado um orçamento simplificado das redes de drenagem e instalação dos pavimentos, considerando apenas os custos das estruturas, tubulações, pavimentos e camadas mais superficiais, previstas em cada cenário. Os valores unitários utilizados foram obtidos a partir do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal, referentes ao mês de dezembro de 2024 e a tabela de composições de pavimentação asfáltica do município de Quilombo – SC.

5 RESULTADOS

Através da Equação 5, são calculados os comprimentos críticos das sarjetas dando origem as tabelas 7 e 8.

Nota-se que os trechos com menor declividade, possuem os menores comprimentos críticos e conseqüentemente possuirão um maior volume de estruturas de drenagem em relação aos demais trechos.

Tabela 7 – Comprimentos críticos de sarjeta para pavimento em CAUQ.

| DESCRIÇÃO | L (m) | DECLIVIDADE (m/m) | d (m) |
|------------------|-------|-------------------|-------|
| RUA 01/TRECHO 01 | 22,26 | 0,0151 | 32,57 |
| RUA 01/TRECHO 02 | 22,26 | 0,0354 | 49,87 |
| RUA 02/TRECHO 01 | 19,26 | 0,0067 | 25,08 |
| RUA 03/TRECHO 01 | 18,13 | 0,0043 | 21,34 |
| RUA 03/TRECHO 02 | 18,13 | 0,0043 | 21,34 |
| RUA 04/TRECHO 01 | 18,15 | 0,0086 | 30,15 |
| RUA 05/TRECHO 01 | 18,45 | 0,0101 | 32,14 |
| RUA 06/TRECHO 01 | 18,74 | 0,0713 | 84,07 |
| RUA 06/TRECHO 02 | 18,74 | 0,0048 | 21,81 |
| RUA 06/TRECHO 03 | 18,74 | 0,0144 | 37,78 |
| RUA 07/TRECHO 01 | 21,74 | 0,0432 | 56,41 |
| RUA 07/TRECHO 02 | 21,74 | 0,0062 | 21,37 |
| RUA 08/TRECHO 01 | 19,70 | 0,0611 | 74,04 |
| RUA 08/TRECHO 02 | 19,70 | 0,0245 | 46,88 |
| RUA 08/TRECHO 03 | 19,70 | 0,0262 | 48,48 |
| RUA 09/TRECHO 01 | 19,70 | 0,0521 | 68,37 |
| RUA 09/TRECHO 02 | 19,70 | 0,0076 | 26,11 |
| RUA 10/TRECHO 01 | 19,71 | 0,0482 | 65,72 |
| RUA 10/TRECHO 02 | 19,71 | 0,0188 | 41,05 |
| RUA 11/TRECHO 01 | 22,69 | 0,0964 | 80,74 |
| RUA 11/TRECHO 02 | 22,69 | 0,0072 | 22,07 |
| RUA 11/TRECHO 03 | 22,69 | 0,0652 | 66,40 |
| RUA 11/TRECHO 04 | 22,69 | 0,0099 | 25,87 |
| RUA 11/TRECHO 05 | 22,69 | 0,0142 | 30,99 |
| RUA 12/TRECHO 01 | 22,69 | 0,0145 | 31,31 |
| RUA 12/TRECHO 02 | 22,69 | 0,0591 | 63,22 |
| RUA 12/TRECHO 03 | 22,69 | 0,0360 | 49,34 |

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 8 – Comprimentos críticos de sarjeta para pavimento em bloco intertravado.

| DESCRIÇÃO | L (m) | DECLIVIDADE (m/m) | d (m) |
|------------------|-------|-------------------|--------|
| RUA 01/TRECHO 01 | 22,26 | 0,0151 | 41,29 |
| RUA 01/TRECHO 02 | 22,26 | 0,0354 | 63,22 |
| RUA 02/TRECHO 01 | 19,26 | 0,0067 | 31,79 |
| RUA 03/TRECHO 01 | 18,13 | 0,0043 | 27,05 |
| RUA 03/TRECHO 02 | 18,13 | 0,0043 | 27,05 |
| RUA 04/TRECHO 01 | 18,15 | 0,0086 | 38,21 |
| RUA 05/TRECHO 01 | 18,45 | 0,0101 | 40,74 |
| RUA 06/TRECHO 01 | 18,74 | 0,0713 | 106,57 |
| RUA 06/TRECHO 02 | 18,74 | 0,0048 | 27,65 |
| RUA 06/TRECHO 03 | 18,74 | 0,0144 | 47,89 |
| RUA 07/TRECHO 01 | 21,74 | 0,0432 | 71,50 |
| RUA 07/TRECHO 02 | 21,74 | 0,0062 | 27,09 |
| RUA 08/TRECHO 01 | 19,70 | 0,0611 | 93,84 |
| RUA 08/TRECHO 02 | 19,70 | 0,0245 | 59,42 |
| RUA 08/TRECHO 03 | 19,70 | 0,0262 | 61,45 |
| RUA 09/TRECHO 01 | 19,70 | 0,0521 | 86,66 |
| RUA 09/TRECHO 02 | 19,70 | 0,0076 | 33,10 |
| RUA 10/TRECHO 01 | 19,71 | 0,0482 | 83,31 |
| RUA 10/TRECHO 02 | 19,71 | 0,0188 | 52,03 |
| RUA 11/TRECHO 01 | 22,69 | 0,0964 | 102,34 |
| RUA 11/TRECHO 02 | 22,69 | 0,0072 | 27,97 |
| RUA 11/TRECHO 03 | 22,69 | 0,0652 | 84,17 |
| RUA 11/TRECHO 04 | 22,69 | 0,0099 | 32,80 |
| RUA 11/TRECHO 05 | 22,69 | 0,0142 | 39,28 |
| RUA 12/TRECHO 01 | 22,69 | 0,0145 | 39,69 |
| RUA 12/TRECHO 02 | 22,69 | 0,0591 | 80,13 |
| RUA 12/TRECHO 03 | 22,69 | 0,0360 | 62,54 |

Fonte: Autoria própria (2025).

Após analisar os resultados das tabelas 7 e 8, o pavimento em bloco intertravado apresenta comprimentos críticos de sarjeta em torno de 21% menores em relação ao pavimento em CAUQ.

Através da etapa de dimensionamento, toda a tubulação foi dimensionada e verificada através do Excel e do software Civil3D, após todas as conferências, foram geradas as tabelas do dimensionamento para os projetos com pavimento em blocos intertravados e em CAUQ. Os resultados podem ser conferidos nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Tabela de dimensionamento da rede de drenagem com pavimentação em CAUQ.

(Continua)

| Nome da tubulação | MONTANTE | JUSANTE | Inclinação (%) | Comprimento (m) | Diâmetro (mm) | Q (calculada) (m ³ /s) | %Lâmina | V(m/s) |
|-------------------|----------|---------|----------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|---------|--------|
| TUBO-01 | PV-01 | PV-02 | 4,90 | 17,01 | 600 | 0,0044 | 4,140 | 1,092 |
| TUBO-02 | PV-02 | PV-03 | 2,90 | 17,00 | 600 | 0,0080 | 6,218 | 1,094 |
| TUBO-03 | PV-03 | PV-04 | 1,26 | 16,93 | 600 | 0,0207 | 11,896 | 1,091 |
| TUBO-04 | PV-04 | PV-05 | 0,85 | 16,69 | 600 | 0,0337 | 16,561 | 1,099 |
| TUBO-05 | PV-05 | PV-06 | 0,70 | 16,80 | 600 | 0,0440 | 19,784 | 1,110 |
| TUBO-06 | PV-06 | PV-07 | 0,59 | 16,73 | 600 | 0,0562 | 23,316 | 1,123 |
| TUBO-07 | PV-07 | PV-08 | 0,55 | 16,64 | 600 | 0,0691 | 26,330 | 1,162 |
| TUBO-08 | PV-08 | PV-09 | 0,50 | 16,84 | 600 | 0,0806 | 29,176 | 1,174 |
| TUBO-09 | PV-09 | PV-10 | 0,50 | 16,54 | 600 | 0,0924 | 31,322 | 1,220 |
| TUBO-10 | PV-10 | PV-11 | 0,50 | 16,52 | 600 | 0,1056 | 33,593 | 1,267 |
| TUBO-11 | PV-11 | PV-12 | 0,50 | 16,59 | 600 | 0,1162 | 35,325 | 1,301 |
| TUBO-12 | PV-12 | PV-13 | 0,50 | 16,62 | 600 | 0,1271 | 37,069 | 1,333 |
| TUBO-13 | PV-13 | PV-14 | 0,50 | 17,11 | 600 | 0,1349 | 38,271 | 1,355 |
| TUBO-14 | PV-14 | PV-15 | 0,50 | 17,00 | 600 | 0,1385 | 38,822 | 1,365 |
| TUBO-15 | PV-15 | PV-16 | 0,50 | 16,03 | 600 | 0,1513 | 40,742 | 1,398 |
| TUBO-16 | PV-16 | PV-17 | 0,50 | 19,11 | 600 | 0,1585 | 41,803 | 1,415 |
| TUBO-17 | PV-17 | PV-18 | 0,50 | 22,97 | 600 | 0,1586 | 41,809 | 1,416 |
| TUBO-18 | PV-18 | PV-19 | 2,00 | 60,00 | 600 | 0,2093 | 33,429 | 2,527 |
| TUBO-19 | PV-19 | PV-20 | 3,00 | 60,00 | 800 | 0,2440 | 22,042 | 2,968 |
| TUBO-20 | PV-20 | PV-21 | 2,70 | 60,00 | 800 | 0,2832 | 24,383 | 2,986 |
| TUBO-21 | PV-21 | PV-73 | 1,28 | 15,37 | 800 | 0,3236 | 31,585 | 2,376 |
| TUBO-22 | PV-22 | PV-23 | 1,20 | 20,00 | 600 | 0,0171 | 10,978 | 1,012 |
| TUBO-23 | PV-23 | PV-24 | 0,75 | 20,00 | 600 | 0,0301 | 16,157 | 1,017 |
| TUBO-24 | PV-24 | PV-25 | 0,60 | 20,00 | 600 | 0,0434 | 20,421 | 1,047 |
| TUBO-25 | PV-25 | PV-26 | 0,50 | 20,00 | 600 | 0,0575 | 24,569 | 1,065 |
| TUBO-26 | PV-26 | PV-27 | 0,50 | 20,00 | 600 | 0,0703 | 27,212 | 1,129 |
| TUBO-27 | PV-27 | PV-28 | 0,50 | 20,00 | 600 | 0,0837 | 29,761 | 1,187 |
| TUBO-28 | PV-28 | PV-29 | 0,50 | 16,13 | 600 | 0,0971 | 32,150 | 1,237 |
| TUBO-29 | PV-29 | PV-30 | 0,50 | 16,06 | 600 | 0,1071 | 33,831 | 1,272 |
| TUBO-30 | PV-30 | PV-36 | 4,75 | 36,90 | 600 | 0,1286 | 20,942 | 2,991 |
| TUBO-31 | PV-31 | PV-32 | 1,50 | 30,00 | 600 | 0,0172 | 10,446 | 1,097 |
| TUBO-32 | PV-32 | PV-33 | 0,65 | 30,00 | 600 | 0,0367 | 18,415 | 1,025 |
| TUBO-33 | PV-33 | PV-34 | 0,89 | 30,00 | 600 | 0,0558 | 20,969 | 1,296 |
| TUBO-34 | PV-34 | PV-35 | 1,01 | 30,00 | 600 | 0,0762 | 23,729 | 1,484 |
| TUBO-35 | PV-35 | PV-36 | 1,01 | 26,66 | 600 | 0,0943 | 26,428 | 1,578 |
| TUBO-36 | PV-36 | PV-41 | 2,80 | 36,30 | 600 | 0,2408 | 32,939 | 2,967 |
| TUBO-37 | PV-37 | PV-38 | 1,71 | 29,05 | 600 | 0,0109 | 8,170 | 1,002 |
| TUBO-38 | PV-38 | PV-39 | 0,59 | 29,25 | 600 | 0,0387 | 19,359 | 1,006 |

Tabela 9 – Tabela de dimensionamento da rede de drenagem com pavimentação em CAUQ.

(Conclusão)

| Nome da tubulação | MONTANTE | JUSANTE | Inclinação (%) | Comprimento (m) | Diâmetro (mm) | Q (calculada) (m³/s) | %Lâmina | V(m/s) |
|-------------------|----------|---------|----------------|-----------------|---------------|----------------------|---------|--------|
| TUBO-39 | PV-39 | PV-40 | 0,86 | 34,41 | 600 | 0,0474 | 19,506 | 1,220 |
| TUBO-40 | PV-40 | PV-41 | 0,84 | 39,41 | 600 | 0,0589 | 21,846 | 1,290 |
| TUBO-41 | PV-41 | PV-42 | 2,20 | 44,00 | 600 | 0,3439 | 42,593 | 2,996 |
| TUBO-42 | PV-42 | PV-43 | 2,05 | 44,00 | 600 | 0,3739 | 45,533 | 2,983 |
| TUBO-43 | PV-43 | PV-44 | 1,62 | 32,63 | 600 | 0,4020 | 50,848 | 2,784 |
| TUBO-44 | PV-44 | PV-45 | 0,60 | 19,65 | 600 | 0,4266 | 73,951 | 1,903 |
| TUBO-45 | PV-45 | PV-49 | 0,63 | 19,76 | 600 | 0,4426 | 74,744 | 1,953 |
| TUBO-46 | PV-46 | PV-47 | 2,13 | 20,06 | 600 | 0,0371 | 13,888 | 1,562 |
| TUBO-47 | PV-47 | PV-48 | 0,63 | 20,04 | 600 | 0,0508 | 21,796 | 1,115 |
| TUBO-48 | PV-48 | PV-49 | 0,50 | 20,52 | 600 | 0,0642 | 25,977 | 1,100 |
| TUBO-49 | PV-49 | PV-50 | 0,50 | 17,16 | 800 | 0,5212 | 53,357 | 1,911 |
| TUBO-50 | PV-50 | PV-53 | 0,50 | 17,25 | 800 | 0,5328 | 54,080 | 1,921 |
| TUBO-51 | PV-51 | PV-52 | 2,37 | 30,00 | 600 | 0,0485 | 15,395 | 1,756 |
| TUBO-52 | PV-52 | PV-53 | 1,67 | 30,63 | 600 | 0,0728 | 20,465 | 1,750 |
| TUBO-53 | PV-53 | PV-54 | 0,50 | 16,55 | 800 | 0,6225 | 59,646 | 1,991 |
| TUBO-54 | PV-54 | PV-69 | 0,50 | 20,20 | 800 | 0,6394 | 60,703 | 2,003 |
| TUBO-55 | PV-55 | PV-56 | 4,32 | 59,98 | 600 | 0,0132 | 7,171 | 1,464 |
| TUBO-56 | PV-56 | PV-57 | 4,80 | 59,69 | 600 | 0,0379 | 11,542 | 2,089 |
| TUBO-57 | PV-57 | PV-70 | 4,65 | 56,59 | 600 | 0,0691 | 15,521 | 2,471 |
| TUBO-58 | PV-58 | PV-59 | 2,20 | 30,91 | 600 | 0,0082 | 6,715 | 1,002 |
| TUBO-59 | PV-59 | PV-61 | 0,73 | 30,89 | 600 | 0,0328 | 16,941 | 1,033 |
| TUBO-60 | PV-60 | PV-61 | 1,88 | 30,20 | 600 | 0,0100 | 7,664 | 1,008 |
| TUBO-61 | PV-61 | PV-62 | 0,79 | 22,56 | 600 | 0,0657 | 23,436 | 1,303 |
| TUBO-62 | PV-62 | PV-67 | 1,25 | 22,51 | 600 | 0,0926 | 24,804 | 1,694 |
| TUBO-63 | PV-63 | PV-64 | 1,50 | 23,81 | 600 | 0,0131 | 9,190 | 1,011 |
| TUBO-64 | PV-64 | PV-65 | 1,10 | 23,81 | 600 | 0,0191 | 11,833 | 1,016 |
| TUBO-65 | PV-65 | PV-66 | 0,60 | 23,82 | 600 | 0,0397 | 19,523 | 1,020 |
| TUBO-66 | PV-66 | PV-67 | 0,50 | 23,85 | 600 | 0,0558 | 24,203 | 1,056 |
| TUBO-67 | PV-67 | PV-68 | 1,42 | 19,58 | 600 | 0,1645 | 32,226 | 2,088 |
| TUBO-68 | PV-68 | PV-69 | 1,38 | 19,78 | 600 | 0,1827 | 34,316 | 2,128 |
| TUBO-69 | PV-70 | PV-69 | 0,68 | 34,07 | 800 | 0,8378 | 65,717 | 2,392 |
| TUBO-70 | PV-70 | PV-71 | 1,10 | 25,61 | 800 | 0,9882 | 62,387 | 2,997 |
| TUBO-71 | PV-71 | PV-73 | 1,05 | 19,77 | 800 | 1,0002 | 63,907 | 2,949 |
| TUBO-72 | PV-72 | PV-73 | 2,86 | 37,47 | 600 | 0,0366 | 7,901 | 1,268 |
| TUBO-73 | PV-73 | PV-74 | 0,50 | 14,00 | 1000 | 1,3835 | 68,660 | 2,407 |

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 10 – Tabela de dimensionamento da rede de drenagem com pavimentação em bloco intertravado.

(Continua)

| Nome da tubulação | MONTANTE | JUSANTE | Inclinação (%) | Comprimento (m) | Diâmetro (mm) | Q (calculada) (m ³ /s) | %Lâmina | V(m/s) |
|-------------------|----------|---------|----------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|---------|--------|
| TUBO-01 | PV-01 | PV-02 | 4,30 | 27,00 | 600,0 | 0,0038 | 4,020 | 1,003 |
| TUBO-02 | PV-02 | PV-03 | 1,95 | 23,92 | 600,0 | 0,0095 | 7,397 | 1,004 |
| TUBO-03 | PV-03 | PV-04 | 0,75 | 27,00 | 600,0 | 0,0287 | 15,776 | 1,002 |
| TUBO-04 | PV-04 | PV-05 | 0,52 | 23,23 | 600 | 0,0446 | 21,431 | 1,003 |
| TUBO-05 | PV-05 | PV-06 | 0,50 | 27,00 | 600 | 0,0599 | 25,086 | 1,078 |
| TUBO-06 | PV-06 | PV-07 | 0,50 | 23,02 | 600 | 0,0755 | 28,214 | 1,152 |
| TUBO-07 | PV-07 | PV-08 | 0,50 | 27,00 | 600 | 0,0912 | 31,112 | 1,216 |
| TUBO-08 | PV-08 | PV-09 | 0,50 | 22,73 | 600 | 0,1074 | 33,896 | 1,273 |
| TUBO-09 | PV-09 | PV-10 | 0,50 | 27,00 | 600 | 0,1160 | 35,303 | 1,300 |
| TUBO-10 | PV-10 | PV-11 | 0,50 | 23,13 | 600 | 0,1218 | 36,220 | 1,318 |
| TUBO-11 | PV-11 | PV-12 | 0,50 | 22,87 | 600 | 0,1218 | 36,225 | 1,318 |
| TUBO-12 | PV-12 | PV-13 | 0,50 | 19,16 | 600 | 0,1400 | 39,047 | 1,369 |
| TUBO-13 | PV-13 | PV-14 | 1,93 | 60,00 | 600 | 0,1757 | 30,796 | 2,375 |
| TUBO-14 | PV-14 | PV-15 | 3,13 | 60,00 | 600 | 0,2170 | 30,307 | 2,999 |
| TUBO-15 | PV-15 | PV-16 | 2,78 | 50,81 | 600 | 0,2523 | 33,824 | 2,998 |
| TUBO-16 | PV-16 | PV-53 | 0,60 | 24,55 | 600 | 0,2525 | 51,813 | 1,707 |
| TUBO-17 | PV-17 | PV-18 | 3,80 | 26,99 | 600 | 0,0044 | 4,411 | 1,002 |
| TUBO-18 | PV-18 | PV-19 | 1,02 | 27,00 | 600 | 0,0202 | 12,361 | 1,005 |
| TUBO-19 | PV-19 | PV-20 | 0,62 | 27,00 | 600 | 0,0364 | 18,563 | 1,006 |
| TUBO-20 | PV-20 | PV-21 | 0,50 | 27,00 | 600 | 0,0522 | 23,409 | 1,036 |
| TUBO-21 | PV-21 | PV-22 | 0,50 | 27,00 | 600 | 0,0685 | 26,863 | 1,121 |
| TUBO-22 | PV-22 | PV-23 | 0,50 | 30,21 | 600 | 0,0840 | 29,804 | 1,188 |
| TUBO-23 | PV-23 | PV-28 | 3,14 | 36,90 | 600 | 0,1072 | 21,197 | 2,450 |
| TUBO-24 | PV-24 | PV-25 | 3,54 | 40,00 | 600 | 0,0047 | 4,647 | 1,001 |
| TUBO-25 | PV-25 | PV-26 | 0,80 | 40,00 | 600 | 0,0270 | 15,078 | 1,007 |
| TUBO-26 | PV-26 | PV-27 | 0,50 | 40,00 | 600 | 0,0498 | 22,877 | 1,022 |
| TUBO-27 | PV-27 | PV-28 | 0,50 | 30,00 | 600 | 0,0707 | 27,293 | 1,131 |
| TUBO-28 | PV-28 | PV-33 | 3,35 | 36,30 | 600 | 0,1972 | 28,351 | 2,990 |
| TUBO-29 | PV-29 | PV-30 | 1,28 | 38,00 | 600 | 0,0155 | 10,328 | 1,006 |
| TUBO-30 | PV-30 | PV-31 | 0,50 | 38,00 | 600 | 0,0503 | 22,976 | 1,025 |
| TUBO-31 | PV-31 | PV-32 | 0,63 | 34,00 | 600 | 0,0610 | 23,894 | 1,177 |
| TUBO-32 | PV-32 | PV-33 | 0,86 | 20,00 | 600 | 0,0735 | 24,260 | 1,387 |
| TUBO-33 | PV-33 | PV-34 | 2,06 | 60,00 | 600 | 0,3027 | 40,420 | 2,826 |
| TUBO-34 | PV-34 | PV-35 | 2,00 | 60,63 | 600 | 0,3371 | 43,256 | 2,877 |
| TUBO-35 | PV-35 | PV-37 | 0,50 | 39,41 | 600 | 0,3762 | 71,894 | 1,729 |
| TUBO-36 | PV-36 | PV-37 | 0,76 | 33,00 | 600 | 0,0487 | 20,387 | 1,178 |
| TUBO-37 | PV-37 | PV-39 | 0,66 | 34,42 | 600 | 0,4535 | 74,802 | 1,999 |
| TUBO-38 | PV-38 | PV-39 | 1,88 | 33,00 | 600 | 0,0569 | 17,602 | 1,696 |

Tabela 10 – Tabela de dimensionamento da rede de drenagem com pavimentação em bloco intertravado.

(Conclusão)

| Nome da tubulação | MONTANTE | JUSANTE | Inclinação (%) | Comprimento (m) | Diâmetro (mm) | Q (calculada) (m ³ /s) | %Lâmina | V(m/s) |
|-------------------|----------|---------|----------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|---------|--------|
| TUBO-39 | PV-39 | PV-46 | 0,94 | 36,73 | 600 | 0,5402 | 74,687 | 2,385 |
| TUBO-40 | PV-40 | PV-41 | 1,29 | 40,02 | 600 | 0,0226 | 12,333 | 1,129 |
| TUBO-41 | PV-41 | PV-45 | 1,30 | 45,06 | 600 | 0,0743 | 21,998 | 1,611 |
| TUBO-42 | PV-42 | PV-43 | 1,62 | 30,00 | 600 | 0,0117 | 8,545 | 1,003 |
| TUBO-43 | PV-43 | PV-44 | 0,88 | 30,00 | 600 | 0,0237 | 13,843 | 1,002 |
| TUBO-44 | PV-44 | PV-45 | 0,55 | 35,29 | 600 | 0,0416 | 20,412 | 1,003 |
| TUBO-45 | PV-45 | PV-46 | 0,65 | 39,35 | 600 | 0,1515 | 37,964 | 1,539 |
| TUBO-46 | PV-46 | PV-51 | 0,90 | 34,07 | 800 | 0,7373 | 55,118 | 2,596 |
| TUBO-47 | PV-47 | PV-48 | 3,23 | 40,04 | 600 | 0,0132 | 7,679 | 1,323 |
| TUBO-48 | PV-48 | PV-49 | 6,51 | 39,39 | 600 | 0,0283 | 9,340 | 2,128 |
| TUBO-49 | PV-49 | PV-50 | 6,52 | 59,56 | 600 | 0,0433 | 11,430 | 2,420 |
| TUBO-50 | PV-50 | PV-51 | 3,68 | 37,26 | 600 | 0,0433 | 13,103 | 1,980 |
| TUBO-51 | PV-51 | PV-53 | 1,18 | 45,38 | 800 | 0,8624 | 55,849 | 2,987 |
| TUBO-52 | PV-52 | PV-53 | 2,90 | 39,37 | 600 | 0,0298 | 11,605 | 1,630 |
| TUBO-53 | PV-53 | PV-54 | 1,00 | 14,00 | 800 | 1,1985 | 74,608 | 2,980 |

Fonte: Autoria própria (2025).

5.1 ANÁLISE DOS IMPACTOS FÍSICOS

De acordo com os resultados apresentados nas tabelas 9 e 10, pode-se observar que a drenagem do pavimento em blocos intertravados tem uma vazão 13,37% menor que a vazão para a drenagem do pavimento em CAUQ. Resultado que mostra uma sensível vantagem do pavimento permeável, sendo necessário estudos mais aprofundados de viabilidade técnica e econômica.

Quando se analisa o quantitativo de estruturas, o pavimento permeável se mostra muito vantajoso em relação a solução em CAUQ. Após o dimensionamento, a drenagem para o pavimento em blocos intertravados apresenta a necessidade da execução de 54 poços de visita e 95 bocas de lobo, já o dimensionamento para o pavimento em CAUQ, exige a execução de 74 poços de visita e 135 bocas lobo.

Se tratando das tubulações, a drenagem para o pavimento em CAUQ apresentou um quantitativo em torno de 2915 metros, enquanto a solução em blocos intertravados utilizou apenas 2572 metros.

Uma grande vantagem do pavimento permeável se dá quando avaliamos a profundidade das estruturas e o diâmetro dos condutos. Enquanto no sistema convencional, o dimensionamento determina que em 10 trechos têm-se a necessidade da utilização de tubulações de 800mm e no trecho final uma tubulação de 1000mm, no dimensionamento para o pavimento permeável, apenas em 3 trechos há necessidade da utilização de tubulações de 800mm. O quantitativo das tubulações pode ser conferido na tabela 11.

Tabela 11 – Comparativo das tubulações das redes de drenagem.

| DIÂMETRO/TIPO DE PAVIMENTO | TUBULAÇÃO PAVIMENTO CAUQ (m) | TUBULAÇÃO PAVIMENTO BLOCO INTERTRAVADO (m) |
|----------------------------|------------------------------|--|
| 400mm | 990,95 | 739,63 |
| 600mm | 1623,97 | 1739,34 |
| 800mm | 285,97 | 93,45 |
| 1000mm | 14,00 | 0,00 |

Fonte: Autoria própria (2025).

Já quando se avalia a profundidade dos poços de visita, percebe-se grande vantagem para a solução do pavimento permeável, tendo em vista que a profundidade máxima para essa solução é de 3,29m, enquanto no dimensionamento para CAUQ, a maior profundidade dos poços de visita chega a 4,08m. Porém, se tratando de profundidade média, a rede de drenagem do pavimento em CAUQ apresenta ligeira vantagem, como evidencia a tabela 12.

Tabela 12 – Comparativo das profundidades dos poços de visita.

| | PAVIMENTO CAUQ | PAVIMENTO BLOCO INTERTRAVADO |
|-------------------------|----------------|------------------------------|
| PROFUNDIDADE MÍNIMA (m) | 1,63 | 1,63 |
| PROFUNDIDADE MÉDIA (m) | 2,21 | 2,26 |
| PROFUNDIDADE MÁXIMA (m) | 4,08 | 3,29 |

Fonte: Autoria própria (2025).

O pavimento permeável torna possível a diminuição da rede de drenagem, bem como as dimensões de suas estruturas e tubulações, atingindo profundidades menores (MOTTA, 2020).

5.2 ANÁLISE DOS CUSTOS

Foi realizada uma simples análise de custos, utilizando como parâmetro para estimativa dos valores as composições do sistema da Caixa Econômica Federal, SINAPI, com referência na Paraíba, no mês de dezembro de 2024 e a tabela de composições de pavimentação asfáltica do município de Quilombo - SC (Tabelas 13, 14, 15 e 16).

Tabela 13 – Estimativa de orçamento simples para o sistema de drenagem com pavimento em CAUQ.

| DESCRIÇÃO | COD. SINAPI | UNID | QUANT | PREÇO UNIT | PREÇO TOTAL |
|---|-------------|------|---------|--------------|-------------------------|
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92210 | M | 990,95 | R\$ 160,80 | R\$ 159.344,76 |
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92212 | M | 1623,97 | R\$ 300,57 | R\$ 488.116,66 |
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92214 | M | 285,97 | R\$ 468,68 | R\$ 134.028,42 |
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 1000 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92216 | M | 14,00 | R\$ 578,73 | R\$ 8.102,22 |
| CAIXA PARA BOCA DE LOBO SIMPLES RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS: 0,6X1X1,2 M. AF_12/2020 | 97956 | UN | 135,00 | R\$ 1.388,84 | R\$ 187.493,40 |
| BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA DRENAGEM, EM ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS - 1X1 M, PROFUNDIDADE - 1,40 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_12/2020_PA | 99252 | UN | 74,00 | R\$ 2.407,70 | R\$ 178.169,80 |
| ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA DRENAGEM, EM ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS - 1X1 M. AF_12/2020 | 99254 | M | 54,43 | R\$ 1.217,10 | R\$ 66.246,75 |
| TOTAL | | | | | R\$ 1.221.502,02 |

Fonte: Adaptado SINAPI, CEF.

Tabela 14 – Estimativa de orçamento simples para o sistema de drenagem com pavimento em blocos intertravados.

| DESCRIÇÃO | COD. SINAPI | UNID | QUANT | PREÇO UNIT | PREÇO TOTAL |
|--|-------------|------|---------|--------------|-----------------------|
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92210 | M | 739,63 | R\$ 160,80 | R\$ 118.932,50 |
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92212 | M | 1739,34 | R\$ 300,57 | R\$ 522.793,42 |
| TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024 | 92214 | M | 93,45 | R\$ 468,68 | R\$ 43.798,15 |
| CAIXA PARA BOCA DE LOBO SIMPLES RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS: 0,6X1X1,2 M. AF_12/2020 | 97956 | UN | 95,00 | R\$ 1.388,84 | R\$ 131.939,80 |
| BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA DRENAGEM, EM ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS - 1X1 M, PROFUNDIDADE - 1,40 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_12/2020_PA | 99252 | UN | 54,00 | R\$ 2.407,70 | R\$ 130.015,80 |
| ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA DRENAGEM, EM ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS - 1X1 M. AF_12/2020 | 99254 | M | 41,91 | R\$ 1.217,10 | R\$ 51.008,66 |
| TOTAL | | | | | R\$ 998.488,33 |

Fonte: Adaptado SINAPI, CEF.

Como pode-se observar nas tabelas 13 e 14, o uso do pavimento permeável gerou uma redução no custo das estruturas da rede de drenagem em torno de 18,26% em relação a rede em que o pavimento utilizado foi de CAUQ, uma redução de R\$223.013,69.

Tabela 15– Estimativa de orçamento simples para o pavimento em CAUQ.

| DESCRIÇÃO | COD. SINAPI | UNID | QUANT | PREÇO UNIT | PREÇO TOTAL |
|--|-----------------|------|----------|--------------|------------------|
| CONSTRUÇÃO DE BASE E SUB-BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE SEM MISTURA DE SOLOS EM PISTA - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2024 | 101768 | M3 | 3930,00 | R\$ 25,51 | R\$ 100.254,30 |
| EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30 | CPU-QUILOMBO/SC | M2 | 52400,00 | R\$ 8,84 | R\$ 463.216,00 |
| EXECUÇÃO DE PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C | CPU-QUILOMBO/SC | M2 | 52400,00 | R\$ 3,22 | R\$ 168.728,00 |
| EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019 | 95995 | M3 | 1310,00 | R\$ 1.425,99 | R\$ 1.868.046,90 |
| TOTAL | | | | | R\$ 2.600.245,20 |

Fonte: Adaptado SINAPI, CEF e Prefeitura Municipal de Quilombo – SC.

Tabela 16 – Estimativa de orçamento simples para o pavimento em bloco intertravado.

| DESCRIÇÃO | COD. SINAPI | UNID | QUANT | PREÇO UNIT | PREÇO TOTAL |
|--|-------------|------|----------|------------|------------------|
| AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE) | 00000370 | M3 | 1310,00 | R\$ 100,00 | R\$ 131.000,00 |
| EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 8 CM. AF_10/2022 | 92398 | M2 | 26200,00 | R\$ 92,23 | R\$ 2.416.426,00 |
| TOTAL | | | | | R\$ 2.547.426,00 |

Fonte: Adaptado SINAPI, CEF.

Já para os pavimentos, os valores ficaram muito próximos, apresentando uma diferença de apenas R\$ 52.819,20 (Tabela 17). Vale salientar que os pavimentos permeáveis necessitam de uma manutenção periódica após sua instalação, sendo assim, uma avaliação mais minuciosa, considerando o custo desse serviço é importante para uma conclusão mais precisa.

Tabela 17 – Tabela resumo comparativa de custos.

| | PAVIMENTO PERMEÁVEL | PAVIMENTO IMPERMEÁVEL | DIFERENÇA |
|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| CUSTO DA DRENAGEM | R\$ 998.448,33 | R\$ 1.221.502,02 | R\$ 223.053,69 |
| CUSTO DO PAVIMENTO | R\$ 2.547.426,00 | R\$ 2.600.245,20 | R\$ 52.819,20 |
| TOTAL | R\$ 3.545.874,33 | R\$ 3.821.747,22 | R\$ 275.872,89 |

Fonte: Autoria própria (2025).

6 CONCLUSÃO

Diante do exposto, a utilização de pavimentos permeáveis tende a ser vantajoso, tendo em vista os benefícios ao sistema de drenagem, reduzindo a carga sobre as estruturas e tubulações em torno de 13,37%, resultando em menor quantidade de estruturas, menores profundidades e diâmetros de tubulações.

Como visto na análise dos custos, o uso do pavimento permeável pode gerar um abatimento nos custos financeiros de instalação da rede de drenagem em cerca de 17%, enquanto que, na instalação dos pavimentos a diferença foi de apenas 2%, sendo necessário uma análise mais precisa, considerando outras atividades, como escavações, escoramentos, execução dos pavimentos e até mesmo o pós-obra, no caso da manutenção do pavimento permeável, que exige um cuidado periódico para que sua eficiência seja mantida.

Por fim, atualmente existe uma gama de soluções e métodos compensatórios que podem compor um projeto moderno, eficiente e sustentável de drenagem. Os responsáveis pela elaboração de projetos e editais públicos devem se atualizar e se atentar nas novidades e necessidades da sociedade, podendo produzir melhorias significativas na infraestrutura das cidades e na qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

ADASA (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal)

ADASA. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal. Brasília: ADASA, 2018. Disponível em: https://www.adasa.df.gov.br/images/stories/sala_imprensa/manual_drenagem.pdf. Acesso em: 21 abr. 2025.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.

Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, jul./set. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2025.

BARROS, Enicléia Nunes de Sousa; BOAVENTURA, Saymon Martin. Estudo experimental do desempenho de pavimentos permeáveis como alternativa de redução do escoamento superficial em áreas urbanas. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 15, n. 2, p. 300-313, 2020.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. 2. ed. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2022. 750 p. ISBN 978-85-69658-02-3.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/sinapi.aspx>. Acesso em: 21 abr. 2025.

CANHOLI, Aluísio Pardo. *Drenagem urbana e controle de enchentes: 2. ed. ampliada e atualizada*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2010. 110 p. (Publicação IPR-736).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2005. 137 p. (Publicação IPR-715).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual de drenagem de rodovias. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2006. 337 p. (Publicação IPR-724).

IAT (Instituto Água e Terra – Paraná)

INSTITUTO ÁGUA E TERRA (Paraná). Manual de drenagem urbana da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba: IAT, 2012. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2021-08/manual_drenagem_urbana_rmcuritiba.pdf. Acesso em: 21 abr. 2025.

MARCHIONI, Mariana L.; SILVA, Cláudio Oliveira. Conceitos e requisitos para pavimentos intertravado permeável. *Associação Brasileira de Cimento Portland*, 2016.

MARTINS, Juliana Lopes; SARTORIO, Mayko Marily; SOUZA, Yasmim Priscilla de; ZANETTI, Karina. Aplicação do pavimento intertravado de concreto como auxílio na drenagem urbana. *Mundo Tecnológico*, v. 14, n. 16, 2022. ISSN 2238-2011.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.

MOTTA, Luciano Dangelo. Pavimento permeável: uma solução sustentável para a pavimentação de vias urbanas. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 911-933, jul./set. 2020.

Prefeitura Municipal de Quilombo – SC. Composições de Pavimentação Asfáltica. Quilombo, 2022. Disponível em: <https://quilombo.sc.gov.br/uploads/sites/96/2023/02/COMPOSICOES-PAVIMENTACAO-ASFALTICA.pdf>. Acesso em: 05/05/2025.

PMJP (Prefeitura Municipal de João Pessoa). Plano Diretor do Município de João Pessoa. João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://planodiretor.joaopessoa.pb.gov.br>. Acesso em 24 abr. 2025.

PMJP (Prefeitura Municipal de João Pessoa). Plano Municipal de Saneamento Básico. João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2015.

RAPOSO, Diego Arthur de Oliveira. Sobre o telhado verde: uma possibilidade sustentável. 2024. Artigo apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Edufor, São Luís – MA, como parte dos requisitos para a conclusão do Trabalho de Conclusão de Curso II – TCC.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; KABBACK JÚNIOR, Felipe Issa. *Drenagem subsuperficial de pavimentos: conceitos e dimensionamento.* São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

VIRGILIIS, Afonso Luís Corrêa de. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

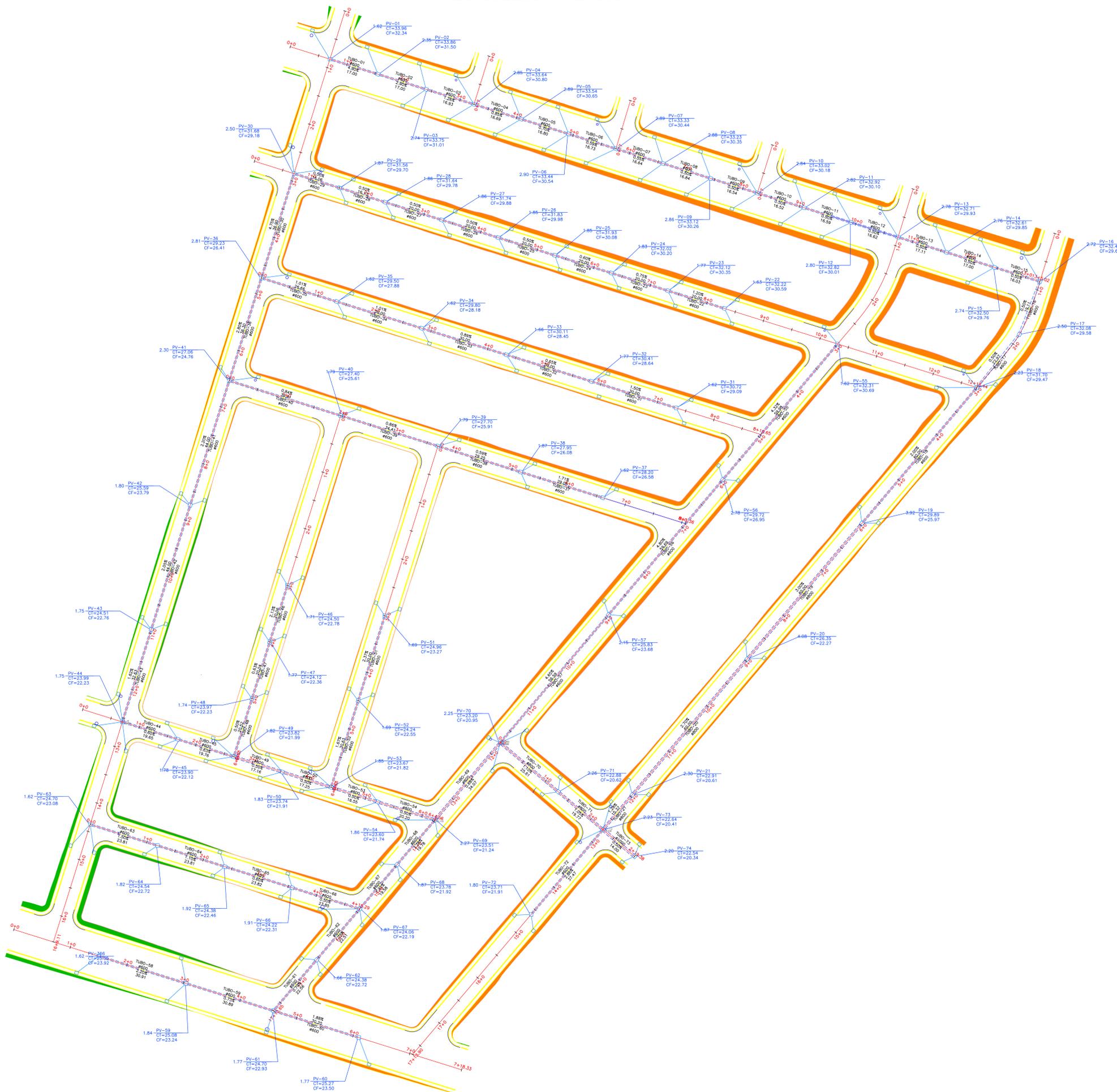
WIEBBELLING, Paula Orvana Guimarães. Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na UNIVATES. 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.

APÊNDICE A - DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EM PAVIMENTO COM CAUQ

| Nome da tubulação | MONTANTE | JUSANTE | COTA DE TOPO MONTANTE | COTA DE FUNDO MONTANTE | COTA DE TOPO JUSANTE | COTA DE FUNDO JUSANTE | Inclinação (%) | Inclinação m/m | Comprimento (m) | Diâmetro (m) | Área da bacia (m²) | C | Tc | Tp | Tc (Sistema) | l (mm/h) | Q (entrada) m³/s | Q (Projeto) m³/s | Q (calculada) m³/s | Área molhada | Lâmina | %Lâmina | Raio Hidráulico | V(m/s) | teta | D/4 |
|-------------------|----------|---------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|--------------------|-----|------|-------|--------------|----------|------------------|------------------|--------------------|--------------|--------|-------------|-----------------|--------|-------------|------|
| TUBO-01 | PV-01 | PV-02 | 33,961 | 32,336 | 33,855 | 31,502 | 4,90 | 0,049 | 17,01 | 0,6 | 238,0 | 0,6 | 10,0 | 0,260 | 10,00 | 111,5 | 0,0044 | 0,0044 | 0,0044 | 0,004 | 0,025 | 4,140 | 0,016 | 1,092 | 0,819616297 | 0,15 |
| TUBO-02 | PV-02 | PV-03 | 33,855 | 31,502 | 33,749 | 31,01 | 2,90 | 0,029 | 17,00 | 0,6 | 200,1 | 0,6 | 10,0 | 0,259 | 10,26 | 110,4 | 0,0036 | 0,0080 | 0,0080 | 0,007 | 0,037 | 6,218 | 0,024 | 1,094 | 1,008078241 | 0,15 |
| TUBO-03 | PV-03 | PV-04 | 33,749 | 31,010 | 33,644 | 30,796 | 1,26 | 0,0126 | 16,93 | 0,6 | 700,9 | 0,6 | 10,0 | 0,259 | 10,26 | 110,4 | 0,0127 | 0,0207 | 0,0207 | 0,019 | 0,071 | 11,896 | 0,045 | 1,091 | 1,408527795 | 0,15 |
| TUBO-04 | PV-04 | PV-05 | 33,644 | 30,796 | 33,54 | 30,654 | 0,85 | 0,0085 | 16,69 | 0,6 | 721,6 | 0,6 | 10,0 | 0,253 | 10,25 | 110,4 | 0,0131 | 0,0337 | 0,0337 | 0,031 | 0,099 | 16,561 | 0,061 | 1,099 | 1,67645965 | 0,15 |
| TUBO-05 | PV-05 | PV-06 | 33,540 | 30,654 | 33,436 | 30,537 | 0,70 | 0,007 | 16,80 | 0,6 | 567,9 | 0,6 | 10,0 | 0,252 | 10,25 | 110,4 | 0,0103 | 0,0440 | 0,0440 | 0,040 | 0,119 | 19,784 | 0,072 | 1,110 | 1,843762189 | 0,15 |
| TUBO-06 | PV-06 | PV-07 | 33,436 | 30,537 | 33,332 | 30,438 | 0,59 | 0,0059 | 16,73 | 0,6 | 675,8 | 0,6 | 10,0 | 0,248 | 10,25 | 110,4 | 0,0122 | 0,0563 | 0,0562 | 0,050 | 0,140 | 23,316 | 0,083 | 1,123 | 2,015703162 | 0,15 |
| TUBO-07 | PV-07 | PV-08 | 33,332 | 30,438 | 33,229 | 30,347 | 0,55 | 0,0055 | 16,64 | 0,6 | 711,1 | 0,6 | 10,0 | 0,239 | 10,24 | 110,5 | 0,0129 | 0,0691 | 0,0691 | 0,059 | 0,158 | 26,330 | 0,092 | 1,162 | 2,15530802 | 0,15 |
| TUBO-08 | PV-08 | PV-09 | 33,229 | 30,347 | 33,124 | 30,262 | 0,50 | 0,005 | 16,84 | 0,6 | 632,4 | 0,6 | 10,0 | 0,239 | 10,24 | 110,5 | 0,0115 | 0,0806 | 0,0806 | 0,069 | 0,175 | 29,176 | 0,100 | 1,174 | 2,282467145 | 0,15 |
| TUBO-09 | PV-09 | PV-10 | 33,124 | 30,262 | 33,021 | 30,18 | 0,50 | 0,005 | 16,54 | 0,6 | 653,5 | 0,6 | 10,0 | 0,226 | 10,23 | 110,5 | 0,0118 | 0,0924 | 0,0924 | 0,076 | 0,188 | 31,322 | 0,106 | 1,220 | 2,375910765 | 0,15 |
| TUBO-10 | PV-10 | PV-11 | 33,021 | 30,180 | 32,919 | 30,097 | 0,50 | 0,005 | 16,52 | 0,6 | 730,2 | 0,6 | 10,0 | 0,217 | 10,22 | 110,6 | 0,0132 | 0,1057 | 0,1057 | 0,083 | 0,202 | 33,593 | 0,112 | 1,267 | 2,47294082 | 0,15 |
| TUBO-11 | PV-11 | PV-12 | 32,919 | 30,097 | 32,816 | 30,014 | 0,50 | 0,005 | 16,59 | 0,6 | 580,5 | 0,6 | 10,0 | 0,213 | 10,21 | 110,6 | 0,0105 | 0,1162 | 0,1162 | 0,089 | 0,212 | 35,325 | 0,117 | 1,301 | 2,54583013 | 0,15 |
| TUBO-12 | PV-12 | PV-13 | 32,816 | 30,014 | 32,712 | 29,931 | 0,50 | 0,005 | 16,62 | 0,6 | 605,2 | 0,6 | 10,0 | 0,208 | 10,21 | 110,6 | 0,0110 | 0,1272 | 0,1272 | 0,095 | 0,222 | 37,069 | 0,121 | 1,333 | 2,618425608 | 0,15 |
| TUBO-13 | PV-13 | PV-14 | 32,712 | 29,931 | 32,606 | 29,846 | 0,50 | 0,005 | 17,11 | 0,6 | 426,5 | 0,6 | 10,0 | 0,210 | 10,21 | 110,6 | 0,0077 | 0,1349 | 0,1349 | 0,100 | 0,230 | 38,271 | 0,124 | 1,355 | 2,668018724 | 0,15 |
| TUBO-14 | PV-14 | PV-15 | 32,606 | 29,846 | 32,5 | 29,761 | 0,50 | 0,005 | 17,00 | 0,6 | 197,7 | 0,6 | 10,0 | 0,208 | 10,21 | 110,6 | 0,0036 | 0,1385 | 0,1385 | 0,101 | 0,233 | 38,822 | 0,126 | 1,365 | 2,690642704 | 0,15 |
| TUBO-15 | PV-15 | PV-16 | 32,500 | 29,761 | 32,401 | 29,68 | 0,50 | 0,005 | 16,03 | 0,6 | 707,8 | 0,6 | 10,0 | 0,191 | 10,19 | 110,7 | 0,0128 | 0,1514 | 0,1513 | 0,108 | 0,244 | 40,742 | 0,130 | 1,398 | 2,769132025 | 0,15 |
| TUBO-16 | PV-16 | PV-17 | 32,401 | 29,680 | 32,083 | 29,585 | 0,50 | 0,005 | 19,11 | 0,6 | 397,5 | 0,6 | 10,0 | 0,225 | 10,23 | 110,5 | 0,0072 | 0,1586 | 0,1585 | 0,112 | 0,251 | 41,803 | 0,133 | 1,415 | 2,812236983 | 0,15 |
| TUBO-17 | PV-17 | PV-18 | 32,083 | 29,585 | 31,702 | 29,47 | 0,50 | 0,005 | 22,97 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 0,270 | 10,27 | 0,0 | 0,0000 | 0,1586 | 0,1586 | 0,112 | 0,251 | 41,809 | 0,133 | 1,416 | 2,812456081 | 0,15 |
| TUBO-18 | PV-18 | PV-19 | 31,702 | 29,470 | 29,893 | 29,971 | 2,00 | 0,02 | 60,00 | 0,6 | 2835,7 | 0,6 | 10,0 | 0,396 | 10,40 | 109,8 | 0,0511 | 0,2096 | 0,2093 | 0,083 | 0,201 | 33,429 | 0,112 | 1,257 | 2,46599423 | 0,15 |
| TUBO-19 | PV-19 | PV-20 | 29,893 | 29,971 | 26,349 | 22,267 | 3,00 | 0,03 | 60,00 | 0,8 | 1912,5 | 0,6 | 10,0 | 0,337 | 10,34 | 110,1 | 0,0345 | 0,2442 | 0,2440 | 0,082 | 0,176 | 22,042 | 0,105 | 1,268 | 1,954826322 | 0,2 |
| TUBO-20 | PV-20 | PV-21 | 26,349 | 22,267 | 22,914 | 20,61 | 2,70 | 0,027 | 60,00 | 0,8 | 2176,2 | 0,6 | 10,0 | 0,335 | 10,33 | 110,1 | 0,0393 | 0,2835 | 0,2832 | 0,095 | 0,195 | 24,383 | 0,115 | 1,286 | 2,065781887 | 0,2 |
| TUBO-21 | PV-21 | PV-22 | 22,914 | 20,610 | 22,643 | 20,412 | 1,28 | 0,0128 | 15,37 | 0,8 | 2208,6 | 0,6 | 10,0 | 0,108 | 10,11 | 111,0 | 0,0402 | 0,3237 | 0,3236 | 0,136 | 0,253 | 31,585 | 0,143 | 1,376 | 2,387234787 | 0,2 |
| TUBO-22 | PV-22 | PV-23 | 32,217 | 30,588 | 32,121 | 30,348 | 1,20 | 0,012 | 20,00 | 0,6 | 946,6 | 0,6 | 10,0 | 0,329 | 10,44 | 109,7 | 0,0170 | 0,0170 | 0,0171 | 0,017 | 0,066 | 10,978 | 0,042 | 1,012 | 1,350836675 | 0,15 |
| TUBO-23 | PV-23 | PV-24 | 32,121 | 30,348 | 32,025 | 30,198 | 0,75 | 0,0075 | 20,00 | 0,6 | 724,4 | 0,6 | 10,0 | 0,328 | 10,33 | 110,1 | 0,0131 | 0,0301 | 0,0301 | 0,030 | 0,097 | 16,157 | 0,060 | 1,017 | 1,654600034 | 0,15 |
| TUBO-24 | PV-24 | PV-25 | 32,025 | 30,198 | 31,929 | 30,078 | 0,60 | 0,006 | 20,00 | 0,6 | 739,4 | 0,6 | 10,0 | 0,318 | 10,32 | 110,1 | 0,0134 | 0,0435 | 0,0434 | 0,041 | 0,123 | 20,421 | 0,074 | 1,047 | 1,875569746 | 0,15 |
| TUBO-25 | PV-25 | PV-26 | 31,929 | 30,078 | 31,833 | 29,978 | 0,50 | 0,005 | 20,00 | 0,6 | 776,4 | 0,6 | 10,0 | 0,313 | 10,31 | 110,2 | 0,0140 | 0,0575 | 0,0575 | 0,054 | 0,147 | 24,569 | 0,087 | 1,065 | 2,074425453 | 0,15 |
| TUBO-26 | PV-26 | PV-27 | 31,833 | 29,978 | 31,736 | 29,878 | 0,50 | 0,005 | 20,00 | 0,6 | 710,9 | 0,6 | 10,0 | 0,295 | 10,30 | 110,2 | 0,0129 | 0,0703 | 0,0703 | 0,062 | 0,163 | 27,212 | 0,095 | 1,129 | 2,195145163 | 0,15 |
| TUBO-27 | PV-27 | PV-28 | 31,736 | 29,878 | 31,64 | 29,778 | 0,50 | 0,005 | 20,00 | 0,6 | 742,1 | 0,6 | 10,0 | 0,281 | 10,28 | 110,3 | 0,0134 | 0,0838 | 0,0837 | 0,061 | 0,179 | 29,761 | 0,102 | 1,187 | 2,308116465 | 0,15 |
| TUBO-28 | PV-28 | PV-29 | 31,640 | 29,778 | 31,563 | 29,698 | 0,50 | 0,005 | 16,13 | 0,6 | 740,3 | 0,6 | 10,0 | 0,217 | 10,22 | 110,6 | 0,0134 | 0,0972 | 0,0971 | 0,079 | 0,193 | 32,150 | 0,109 | 1,237 | 2,411491342 | 0,15 |
| TUBO-29 | PV-29 | PV-30 | 31,563 | 29,698 | 31,676 | 29,176 | 0,50 | 0,005 | 16,06 | 0,6 | 545,9 | 0,6 | 10,0 | 0,211 | 10,21 | 110,6 | 0,0099 | 0,1071 | 0,1071 | 0,084 | 0,203 | 33,831 | 0,113 | 1,272 | 2,482993908 | 0,15 |
| TUBO-30 | PV-30 | PV-31 | 31,676 | 29,176 | 29,23 | 26,415 | 4,75 | 0,0475 | 36,90 | 0,6 | 1187,2 | 0,6 | 10,0 | 0,206 | 10,21 | 110,6 | 0,0215 | 0,1286 | 0,1286 | 0,043 | 0,126 | 20,942 | 0,075 | 1,291 | 1,901275069 | 0,15 |
| TUBO-31 | PV-31 | PV-32 | 30,716 | 29,091 | 30,412 | 28,641 | 1,50 | 0,015 | 30,00 | 0,6 | 960,1 | 0,6 | 10,0 | 0,456 | 10,66 | 108,8 | 0,0171 | 0,0171 | 0,0172 | 0,016 | 0,063 | 10,446 | 0,040 | 1,097 | 1,316456398 | 0,15 |
| TUBO-32 | PV-32 | PV-33 | 30,412 | 28,641 | 30,108 | 28,446 | 0,65 | 0,0065 | 30,00 | 0,6 | 1088,5 | 0,6 | 10,0 | 0,488 | 10,49 | 109,4 | 0,0195 | 0,0367 | 0,0367 | 0,036 | 0,110 | 17,74117642 | 0,067 | 1,025 | 1,774117642 | 0,15 |
| TUBO-33 | PV-33 | PV-34 | 30,108 | 28,446 | 29,804 | 28,179 | 0,89 | 0,0089 | 30,00 | 0,6 | 1064,3 | 0,6 | 10,0 | 0,386 | 10,39 | 109,9 | 0,0192 | 0,0558 | 0,0558 | 0,043 | 0,126 | 20,969 | 0,075 | 1,296 | 1,902590092 | 0,15 |
| TUBO-34 | PV-34 | PV-35 | 29,804 | 28,179 | 29,5 | 27,875 | 1,01 | 0,0101 | 30,00 | 0,6 | 1130,5 | 0,6 | 10,0 | 0,337 | 10,34 | 110,1 | 0,0204 | 0,0763 | 0,0762 | 0,051 | 0,142 | 23,729 | 0,084 | 1,284 | 2,035181494 | 0,15 |
| TUBO-35 | PV-35 | PV-36 | 29,500 | 27,875 | 29,23 | 26,415 | 1,01 | 0,0101 | 26,66 | 0,6 | 1002,6 | 0,6 | 10,0 | 0,282 | 10,28 | 110,3 | 0,0181 | 0,0944 | 0,0943 | 0,060 | 0,159 | 26,428 | 0,092 | 1,578 | 2,159751804 | 0,15 |
| TUBO-36 | PV-36 | PV-37 | 29,230 | 26,415 | 27,063 | 24,759 | 2,80 | 0,028 | 36,30 | 0,6 | 982,8 | 0,6 | 10,0 | 0,204 | 10,20 | 110,6 | 0,0178 | 0,2408 | 0,2408 | 0,081 | 0,198 | 32,939 | 0,111 | 1,296 | 2,445159846 | 0,15 |
| TUBO-37 | PV-37 | PV-38 | 28,202 | 26,577 | 27,952 | 26,081 | 1,71 | 0,0171 | 29,05 | 0,6 | 610,2 | 0,6 | 10,0 | 0,483 | 10,69 | 108,7 | 0,0109 | 0,0109 | 0,0109 | 0,011 | 0,049 | 8,170 | 0,031 | 1,002 | 1,159507996 | 0,15 |
| TUBO-38 | PV-38 | PV-39 | 27,952 | 26,081 | 27,699 | 25,909 | 0,59 | 0,0059 | 29,25 | 0,6 | 1549,2 | 0,6 | 10,0 | 0,485 | 10,48 | 109,5 | 0,0278 | 0,0387 | 0,0387 | 0,038 | 0,116 | 19,359 | 0,070 | 1,006 | 1,822330116 | 0,15 |
| TUBO-39 | PV-39 | PV-40 | 27,699 | 25,909 | 27,403 | 25,613 | 0,86 | 0,0086 | 34,41 | 0,6 | 485,4 | 0,6 | 10,0 | 0,470 | 10,47 | 109,5 | 0,0087 | 0,0474 | 0,0474 | 0,039 | 0,117 | 19,506 | 0,071 | 1,220 | 1,829767716 | 0,15 |
| TUBO-40 | PV-40 | PV-41 | 27,403 | 25,613 | 27,063 | 24,759 | 0,84 | 0,0084 | 39,41 | 0,6 | 641,9 | 0,6 | 10,0 | 0,509 | 10,51 | 109,4 | 0,0115 | 0,0589 | 0,0589 | 0,046 | 0,131 | 21,846 | 0,078 | 1,290 | 1,94539695 | 0,15 |
| TUBO-41 | PV-41 | PV-42 | 27,063 | 24,759 | 25,592 | 23,792 | 2,20 | 0,022 | 44,00 | 0,6 | 2452,1 | 0,6 | 10,0 | 0,245 | 10,24 | 110,4 | 0,0444 | 0,3442 | 0,3439 | 0,115 | 0,256 | 42,593 | 0,135 | 1,296 | 2,844211638 | 0,15 |
| TUBO-42 | PV-42 | PV-43 | 25,592 | 23,792 | 24,514 | 22,762 | 2,05 | 0,0205 | 44,00 | 0,6 | 1648,8 | 0,6 | 10,0 | 0,246 | 10,25 | 110,4 | 0,0299 | 0,3741 | 0,3739 | 0,125 | 0,273 | 45,533 | 0,141 | 1,293 | 2,962670492 | 0,15 |
| TUBO-43 | PV-43 | PV-44 | 24,514 | 22,762 | 23,986 | 22,235 | 1,62 | 0,0162 | 32,63 | 0,6 | 1550,5 | 0,6 | 10,0 | 0,195 | 10,20 | 110,6 | 0,0281 | 0,4022 | 0,4020 | 0,144 | 0,305 | 50 | | | | |

APÊNDICE B - DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EM PAVIMENTO EM BLOCO INTERTRAVADO

| Nome da tubulação | MONTANTE | JUSANTE | COTA DE TOPO | COTA DE FUNDO | COTA DE TOPO | COTA DE FUNDO | Inclinação (%) | Inclinação m/m | Comprimento (m) | Diâmetro (m) | Área da bacia (m²) | C | Tc | Tp | Tc (Sistema) | I (mm/h) | Q (entrada) m³/s | Q (Projeto) m³/s | Q (calculada) m³/s | Área molhada | Lâmina | %Lâmina | Raio Hidráulico | V(m/s) | teta | D/4 |
|-------------------|----------|---------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|--------------------|------|------|-------|--------------|----------|------------------|------------------|--------------------|--------------|--------|---------|-----------------|--------|-------------|------|
| | | | MONTANTE | MONTANTE | JUSANTE | JUSANTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TUBO-01 | PV-01 | PV-02 | 33,961 | 32,336 | 33,793 | 31,364 | 4,30 | 0,043 | 27,00 | 0,6 | 238,0 | 0,52 | 10,0 | 0,448 | 10,00 | 111,5 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0038 | 0,004 | 0,0241 | 4,020 | 0,016 | 1,003 | 0,807477891 | 0,15 |
| TUBO-02 | PV-02 | PV-03 | 33,793 | 31,364 | 33,644 | 30,933 | 1,95 | 0,0195 | 23,92 | 0,6 | 352,9 | 0,52 | 10,0 | 0,397 | 10,40 | 109,8 | 0,0056 | 0,0094 | 0,0095 | 0,009 | 0,0444 | 7,397 | 0,029 | 1,004 | 1,101804419 | 0,15 |
| TUBO-03 | PV-03 | PV-04 | 33,644 | 30,933 | 33,476 | 30,731 | 0,75 | 0,0075 | 27,00 | 0,6 | 1213,3 | 0,52 | 10,0 | 0,449 | 10,45 | 109,6 | 0,0192 | 0,0287 | 0,0287 | 0,029 | 0,0947 | 15,776 | 0,058 | 1,002 | 1,633833634 | 0,15 |
| TUBO-04 | PV-04 | PV-05 | 33,476 | 30,731 | 33,332 | 30,61 | 0,52 | 0,0052 | 23,23 | 0,6 | 1004,1 | 0,52 | 10,0 | 0,386 | 10,39 | 109,9 | 0,0159 | 0,0446 | 0,0446 | 0,044 | 0,1286 | 21,431 | 0,077 | 1,003 | 1,92520573 | 0,15 |
| TUBO-05 | PV-05 | PV-06 | 33,332 | 30,610 | 33,164 | 30,475 | 0,50 | 0,005 | 27,00 | 0,6 | 966,2 | 0,52 | 10,0 | 0,417 | 10,42 | 109,7 | 0,0153 | 0,0599 | 0,0599 | 0,056 | 0,1505 | 25,086 | 0,088 | 1,078 | 2,09836451 | 0,15 |
| TUBO-06 | PV-06 | PV-07 | 33,164 | 30,475 | 33,021 | 30,36 | 0,50 | 0,005 | 23,02 | 0,6 | 979,8 | 0,52 | 10,0 | 0,333 | 10,33 | 110,1 | 0,0156 | 0,0755 | 0,0755 | 0,066 | 0,1693 | 28,214 | 0,097 | 1,152 | 2,239932505 | 0,15 |
| TUBO-07 | PV-07 | PV-08 | 33,021 | 30,360 | 32,854 | 30,225 | 0,50 | 0,005 | 27,00 | 0,6 | 992,8 | 0,52 | 10,0 | 0,370 | 10,37 | 109,9 | 0,0158 | 0,0913 | 0,0912 | 0,075 | 0,1867 | 31,112 | 0,106 | 1,216 | 2,366821538 | 0,15 |
| TUBO-08 | PV-08 | PV-09 | 32,854 | 30,225 | 32,712 | 30,111 | 0,50 | 0,005 | 22,73 | 0,6 | 1018,5 | 0,52 | 10,0 | 0,298 | 10,30 | 110,2 | 0,0162 | 0,1075 | 0,1074 | 0,084 | 0,2034 | 33,896 | 0,113 | 1,273 | 2,485742141 | 0,15 |
| TUBO-09 | PV-09 | PV-10 | 32,712 | 30,111 | 32,544 | 29,976 | 0,50 | 0,005 | 27,00 | 0,6 | 538,0 | 0,52 | 10,0 | 0,346 | 10,35 | 110,0 | 0,0086 | 0,1161 | 0,1160 | 0,089 | 0,2118 | 35,303 | 0,117 | 1,300 | 2,544907997 | 0,15 |
| TUBO-10 | PV-10 | PV-11 | 32,544 | 29,976 | 32,401 | 29,861 | 0,50 | 0,005 | 23,13 | 0,6 | 357,8 | 0,52 | 10,0 | 0,293 | 10,29 | 110,2 | 0,0057 | 0,1218 | 0,1218 | 0,092 | 0,2173 | 36,220 | 0,119 | 1,318 | 2,583177369 | 0,15 |
| TUBO-11 | PV-11 | PV-12 | 32,401 | 29,861 | 32,02 | 29,746 | 0,50 | 0,005 | 22,87 | 0,6 | 0,0 | 0,52 | 10,0 | 0,289 | 10,29 | 0,0 | 0,0000 | 0,1218 | 0,1218 | 0,092 | 0,2174 | 36,225 | 0,119 | 1,318 | 2,583382508 | 0,15 |
| TUBO-12 | PV-12 | PV-13 | 32,020 | 29,746 | 31,702 | 29,65 | 0,50 | 0,005 | 19,16 | 0,6 | 1144,3 | 0,52 | 10,0 | 0,233 | 10,23 | 110,5 | 0,0183 | 0,1401 | 0,1400 | 0,102 | 0,2343 | 39,047 | 0,126 | 1,369 | 2,699870225 | 0,15 |
| TUBO-13 | PV-13 | PV-14 | 31,702 | 29,650 | 29,892 | 26,6 | 1,93 | 0,0193 | 60,00 | 0,6 | 2261,3 | 0,52 | 10,0 | 0,421 | 10,42 | 109,7 | 0,0359 | 0,1759 | 0,1757 | 0,074 | 0,1848 | 30,796 | 0,105 | 2,375 | 2,353166104 | 0,15 |
| TUBO-14 | PV-14 | PV-15 | 29,892 | 26,600 | 26,349 | 23,132 | 3,13 | 0,0313 | 60,00 | 0,6 | 2590,3 | 0,52 | 10,0 | 0,333 | 10,33 | 110,1 | 0,0412 | 0,2171 | 0,2170 | 0,072 | 0,1818 | 30,307 | 0,103 | 2,999 | 2,331934257 | 0,15 |
| TUBO-15 | PV-15 | PV-16 | 26,349 | 23,132 | 23,347 | 21,138 | 2,78 | 0,0278 | 50,81 | 0,6 | 2218,2 | 0,52 | 10,0 | 0,282 | 10,28 | 110,3 | 0,0354 | 0,2525 | 0,2523 | 0,084 | 0,2029 | 33,824 | 0,113 | 2,998 | 2,482712893 | 0,15 |
| TUBO-16 | PV-16 | PV-17 | 23,347 | 21,138 | 22,643 | 20,461 | 0,60 | 0,006 | 24,55 | 0,6 | 0,0 | 0,52 | 10,0 | 0,240 | 10,24 | 0,0 | 0,0000 | 0,2525 | 0,2525 | 0,148 | 0,3109 | 51,813 | 0,153 | 1,707 | 3,214422208 | 0,15 |
| TUBO-17 | PV-17 | PV-18 | 32,279 | 30,654 | 32,15 | 29,758 | 3,80 | 0,038 | 26,99 | 0,6 | 274,5 | 0,52 | 10,0 | 0,449 | 10,45 | 109,6 | 0,0043 | 0,0043 | 0,0044 | 0,004 | 0,0265 | 4,411 | 0,017 | 1,002 | 0,846389644 | 0,15 |
| TUBO-18 | PV-18 | PV-19 | 32,150 | 29,758 | 32,02 | 29,488 | 1,02 | 0,0102 | 27,00 | 0,6 | 995,2 | 0,52 | 10,0 | 0,448 | 10,45 | 109,6 | 0,0158 | 0,0201 | 0,0202 | 0,020 | 0,0742 | 12,361 | 0,047 | 1,005 | 1,437017109 | 0,15 |
| TUBO-19 | PV-19 | PV-20 | 32,020 | 29,488 | 31,89 | 29,321 | 0,62 | 0,0062 | 27,00 | 0,6 | 1027,5 | 0,52 | 10,0 | 0,447 | 10,45 | 109,6 | 0,0163 | 0,0364 | 0,0364 | 0,036 | 0,1114 | 18,563 | 0,068 | 1,006 | 1,781748206 | 0,15 |
| TUBO-20 | PV-20 | PV-21 | 31,890 | 29,321 | 31,761 | 29,186 | 0,50 | 0,005 | 27,00 | 0,6 | 998,4 | 0,52 | 10,0 | 0,434 | 10,43 | 109,7 | 0,0158 | 0,0522 | 0,0522 | 0,050 | 0,1405 | 23,409 | 0,083 | 1,036 | 2,020096074 | 0,15 |
| TUBO-21 | PV-21 | PV-22 | 31,761 | 29,186 | 31,631 | 29,051 | 0,50 | 0,005 | 27,00 | 0,6 | 1032,1 | 0,52 | 10,0 | 0,401 | 10,40 | 109,8 | 0,0164 | 0,0686 | 0,0685 | 0,061 | 0,1612 | 26,863 | 0,094 | 1,121 | 2,179413161 | 0,15 |
| TUBO-22 | PV-22 | PV-23 | 31,631 | 29,051 | 31,676 | 28,9 | 0,50 | 0,005 | 30,21 | 0,6 | 987,1 | 0,52 | 10,0 | 0,424 | 10,83 | 108,1 | 0,0154 | 0,0840 | 0,0840 | 0,071 | 0,1788 | 29,804 | 0,102 | 1,188 | 2,309990512 | 0,15 |
| TUBO-23 | PV-23 | PV-24 | 31,676 | 28,900 | 29,23 | 26,655 | 3,14 | 0,0314 | 36,90 | 0,6 | 1450,1 | 0,52 | 10,0 | 0,251 | 10,25 | 110,4 | 0,0231 | 0,1072 | 0,1072 | 0,044 | 0,1272 | 21,197 | 0,076 | 2,450 | 1,913800834 | 0,15 |
| TUBO-24 | PV-24 | PV-25 | 30,750 | 28,990 | 30,345 | 27,711 | 3,54 | 0,0354 | 40,00 | 0,6 | 297,5 | 0,52 | 10,0 | 0,666 | 10,67 | 108,7 | 0,0047 | 0,0047 | 0,0047 | 0,005 | 0,0279 | 4,647 | 0,018 | 1,001 | 0,869145529 | 0,15 |
| TUBO-25 | PV-25 | PV-26 | 30,345 | 27,711 | 29,939 | 27,391 | 0,80 | 0,008 | 40,00 | 0,6 | 1415,5 | 0,52 | 10,0 | 0,662 | 10,66 | 108,8 | 0,0223 | 0,0269 | 0,0270 | 0,027 | 0,0905 | 15,078 | 0,056 | 1,007 | 1,595154926 | 0,15 |
| TUBO-26 | PV-26 | PV-27 | 29,939 | 27,391 | 29,534 | 27,191 | 0,50 | 0,005 | 40,00 | 0,6 | 1462,4 | 0,52 | 10,0 | 0,652 | 10,65 | 108,8 | 0,0230 | 0,0499 | 0,0498 | 0,049 | 0,1373 | 22,877 | 0,081 | 1,022 | 1,99487542 | 0,15 |
| TUBO-27 | PV-27 | PV-28 | 29,534 | 27,191 | 29,23 | 26,655 | 0,50 | 0,005 | 30,00 | 0,6 | 1317,8 | 0,52 | 10,0 | 0,442 | 10,44 | 109,6 | 0,0209 | 0,0708 | 0,0707 | 0,063 | 0,1638 | 27,293 | 0,095 | 1,131 | 2,198785808 | 0,15 |
| TUBO-28 | PV-28 | PV-29 | 29,230 | 26,655 | 27,063 | 24,812 | 3,35 | 0,0335 | 36,30 | 0,6 | 1202,3 | 0,52 | 10,0 | 0,202 | 10,20 | 110,6 | 0,0192 | 0,1972 | 0,1972 | 0,066 | 0,1701 | 28,351 | 0,098 | 2,990 | 2,245994277 | 0,15 |
| TUBO-29 | PV-29 | PV-30 | 28,184 | 26,501 | 27,856 | 26,015 | 1,28 | 0,0128 | 38,00 | 0,6 | 979,5 | 0,52 | 10,0 | 0,630 | 10,63 | 108,9 | 0,0154 | 0,0154 | 0,0155 | 0,015 | 0,062 | 10,328 | 0,039 | 1,006 | 1,308704487 | 0,15 |
| TUBO-30 | PV-30 | PV-31 | 27,856 | 26,015 | 27,529 | 25,825 | 0,50 | 0,005 | 38,00 | 0,6 | 2221,7 | 0,52 | 10,0 | 0,618 | 10,62 | 108,9 | 0,0350 | 0,0504 | 0,0503 | 0,049 | 0,1379 | 22,976 | 0,082 | 1,025 | 1,999561252 | 0,15 |
| TUBO-31 | PV-31 | PV-32 | 27,529 | 25,825 | 27,235 | 25,61 | 0,63 | 0,0063 | 34,00 | 0,6 | 688,5 | 0,52 | 10,0 | 0,482 | 11,10 | 107,1 | 0,0107 | 0,0611 | 0,0610 | 0,052 | 0,1434 | 23,894 | 0,085 | 1,177 | 2,042904094 | 0,15 |
| TUBO-32 | PV-32 | PV-33 | 27,235 | 25,610 | 27,063 | 24,812 | 0,86 | 0,0086 | 20,00 | 0,6 | 779,7 | 0,52 | 10,0 | 0,240 | 10,24 | 110,5 | 0,0124 | 0,0735 | 0,0735 | 0,053 | 0,1456 | 24,260 | 0,086 | 1,387 | 2,060055748 | 0,15 |
| TUBO-33 | PV-33 | PV-34 | 27,063 | 24,812 | 25,2 | 23,388 | 2,06 | 0,0206 | 60,00 | 0,6 | 2026,3 | 0,52 | 10,0 | 0,354 | 10,35 | 110,0 | 0,0322 | 0,3029 | 0,3027 | 0,107 | 0,2425 | 40,420 | 0,130 | 2,826 | 2,756002088 | 0,15 |
| TUBO-34 | PV-34 | PV-35 | 25,200 | 23,388 | 23,986 | 22,174 | 2,00 | 0,02 | 60,63 | 0,6 | 2169,4 | 0,52 | 10,0 | 0,351 | 10,35 | 110,0 | 0,0345 | 0,3374 | 0,3371 | 0,117 | 0,2595 | 43,256 | 0,136 | 2,877 | 2,871023455 | 0,15 |
| TUBO-35 | PV-35 | PV-37 | 23,986 | 22,174 | 23,816 | 21,977 | 0,50 | 0,005 | 39,41 | 0,6 | 2470,8 | 0,52 | 10,0 | 0,380 | 10,38 | 109,9 | 0,0392 | 0,3767 | 0,3762 | 0,218 | 0,4314 | 71,894 | 0,179 | 1,729 | 4,048060325 | 0,15 |
| TUBO-36 | PV-36 | PV-37 | 24,065 | 22,440 | 23,816 | 21,977 | 0,76 | 0,0076 | 33,00 | 0,6 | 3082,6 | 0,52 | 10,0 | 0,467 | 10,47 | 109,5 | 0,0488 | 0,0488 | 0,0487 | 0,041 | 0,1223 | 20,387 | 0,074 | 1,178 | 1,87387594 | 0,15 |
| TUBO-37 | PV-37 | PV-39 | 23,816 | 21,977 | 23,667 | 21,799 | 0,66 | 0,0066 | 34,42 | 0,6 | 1803,3 | 0,52 | 10,0 | 0,287 | 10,75 | 108,4 | 0,0283 | 0,4538 | 0,4535 | 0,227 | 0,4488 | 74,802 | 0,181 | 1,999 | 4,179646266 | 0,15 |
| TUBO-38 | PV-38 | PV-39 | 24,289 | 22,663 | 23,667 | 21,799 | 1,88 | 0,0188 | 33,00 | 0,6 | 3571,6 | 0,52 | 10,0 | 0,324 | 10,32 | 110,1 | 0,0569 | 0,0569 | 0,0569 | 0,034 | 0,1056 | 17,602 | 0,065 | 1,696 | 1,731798771 | 0,15 |
| TUBO-39 | PV-39 | PV-46 | 23,667 | 21,799 | 23,508 | 21,524 | 0,94 | 0,0094 | 36,73 | 0,6 | 1872,2 | 0,52 | 10,0 | 0,257 | 10,26 | 110,4 | 0,0299 | 0,5405 | 0,5402 | 0,226 | 0,4481 | 74,687 | 0,181 | 2,385 | 4,174351196 | 0,15 |
| TUBO-40 | PV-40 | PV-41 | 25,217 | 23,528 | 24,699 | 23,01 | 1,29 | 0,0129 | 40,02 | 0,6 | 1426,3 | 0,52 | 10,0 | 0,591 | 10,59 | 109,0 | 0,0225 | 0,0225 | 0,0226 | 0,020 | 0,074 | 12,333 | 0,046 | 1,129 | 1,435354896 | 0,15 |
| TUBO-41 | PV-41 | PV-45 | 24,699 | 23,010 | 24,059 | 22,137 | 1,30 | 0,013 | 45,06 | 0,6 | 3279,8 | 0,52 | 10,0 | 0,466 | 10,47 | 109,5 | 0,0519 | 0,0744 | 0,0743 | 0,046 | 0,132 | 21,998 | 0,079 | 1,611 | 1,952732726 | 0,15 |
| TUBO-42 | PV-42 | PV-43 | 24,700 | 23,075 | 24,498 | 22,595 | 1,62 | 0,0162 | 30,00 | 0,6 | 735,8 | 0,52 | 10,0 | 0,498 | 10,50 | 109,4 | 0,0116 | 0,0116 | 0,0117 | 0,012 | 0,0513 | 8,545 | 0,033 | 1,003 | 1,186593754 | 0,15 |
| TUBO-43 | PV-43 | PV-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



PROJETO DE DRENAGEM URBANA COM PAVIMENTO EM CAUÇU

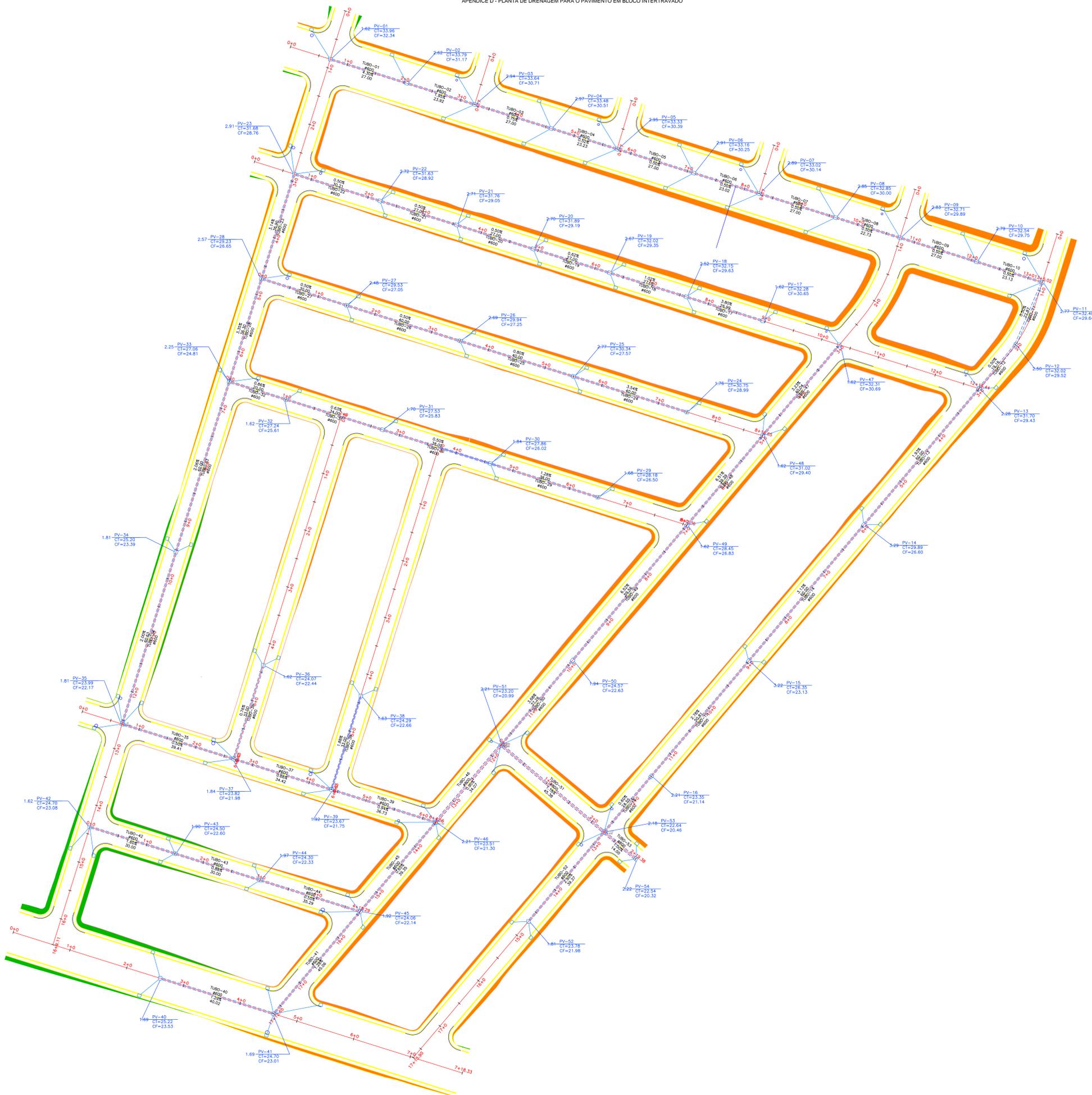
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PROJETO APRESENTADO NA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, EM 02/05/2025.

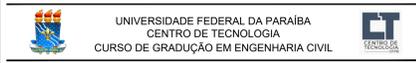
AUTOR: ANDRÉ FELIPE FERREIRA DE ARAUJO TOSCANO

ESCALA 1:1000
DATA: 02/05/2025

DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS. PROIBIDO REPRODUZIR, DIVULGAR OU ALTERAR O TÍTULO DOS DESENHOS SEM A PERMISSÃO DO AUTOR.



PROJETO DE DRENAGEM URBANA COM PAVIMENTO EM BLOCO INTERTRAVADO



PROJETO APRESENTADO NA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, EM 02/05/2025.

AUTOR: ANDRÉ FELIPE FERRERA DE ARAUJO TOSCANO

ESCALA 1:1000
DATA: 02/05/2025

DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS. PROIBIDO REPRODUZIR, DIVULGAR OU ALTERAR O TÍTULO DOS DESENHOS SEM A PERMISSÃO DO AUTOR.