INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
DIRETORIA GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS ALMEIDA PALITOT

ANÁLISE DE DESEMPENHO ENTRE PAVIMENTOS EXECUTADOS NO PARQUE LINEAR PARAHYBA II.

JOÃO PESSOA
2025

MATHEUS ALMEIDA PALITOT

ANÁLISE DE DESEMPENHO ENTRE PAVIMENTOS EXECUTADOS NO PARQUE LINEAR PARAHYBA II.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Severino Ferreira da Silva Filho.

JOÃO PESSOA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *Campus* João Pessoa

P163a Palitot, Matheus Almeida.

Análise de desempenho entre pavimentos executados no Parque Linear Parahyba II / Matheus Almeida Palitot. - 2025.
108 f. : il.
TCC (Graduação – Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Departamento de Ensino Superior / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, 2025.
Orientação: Profº Me. Severino Ferreira da Silva Filho.

1. Pavimento urbano. 2. Permeabilidade. 3.Conforto térmico. 4. Economicidade. 5. Parque linear urbano. I. Título.

CDU 625.8:628.89(043)

Bibliotecária responsável: Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132

DECISÃO 37/2025 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB, de 14 de setembro de 2025.

MATHEUS ALMEIDA PALITOT

ANÁLISE DE DESEMPENHO ENTRE PAVIMENTOS EXECUTADOS NO PARQUE LINEAR PARAHYBA II

	Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito curricular para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Aprovado em 03 de setembro de 2025

Banca Examinadora

Me. Severino Ferreira da Silva Filho (Orientador - IFPB)

Dr. Vamberto Monteiro da Silva (Examinador Interno IFPB)

Me. Camila Campos Gómez Fama (Examinadora Interna IFPB)

JOÃO PESSOA

2025

Documento assinado eletronicamente por:

- Severino Ferreira da Silva Filho, PROFESSOR EBB, BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/09/2025 18:41:43.
- Vamberto Monteiro da Silva, PROFESSOR EBB, BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/09/2025 19:46:23.
- Camila Campos Gomez Fama, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CBEC (JP), em 15/09/2025 14:17:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código: 703557
Verificador: 00c4e675a7
Código de Autenticação:

NOSSA MISSÃO: Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

VALORES E PRINCÍPIOS: Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

À Maria Joaly Palitot.

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço primeiramente pela oportunidade de realizar um sonho que nasceu ainda no ensino médio: cursar a graduação que sempre foi minha meta. Cada etapa vivida durante esses anos foi repleta de aprendizados, desafios e conquistas, e sei que nada disso seria possível sem a Sua presença e direção em minha vida.

Aos meus professores, registro minha gratidão pela paciência, dedicação e pela transmissão de conhecimento que levarei para toda a vida profissional. Em especial, agradeço ao meu orientador, professor Ferreira, pela parceria, pela paciência em cada etapa deste trabalho e, sobretudo, por nunca desistir e sempre acreditar em seus alunos, sendo inspiração de perseverança e comprometimento.

À minha mãe, Janaina, e ao meu pai, Johnny, minha eterna gratidão. Foram eles que, com amor e sacrifício, sempre fizeram e continuam fazendo de tudo por mim e por meus irmãos, sendo exemplos de dedicação e força. Aos meus irmãos, agradeço por cada momento compartilhado, que fez parte da minha caminhada dentro e fora da universidade.

Aos meus tios, tias, primos e primas, que sempre estiveram presentes, apoiando e incentivando minhas escolhas, deixo aqui meu reconhecimento e carinho. Às minhas avós, Ceiça e Joaly, agradeço por serem o alicerce das famílias, verdadeiro ponto de refúgio e porto seguro, sempre oferecendo apoio, sabedoria e acolhimento a todos.

Aos meus sogros, minha gratidão pela forma como me acolheram desde o início e pelo apoio constante em minha trajetória. À minha noiva, Renata, agradeço por estar ao meu lado em todas as áreas da vida, incentivando-me em cada desafio e até mesmo colaborando diretamente com este trabalho, mesmo não sendo da sua área de atuação. Seu apoio e amor foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço aos amigos Aline, Beatriz, Kamilla, Kevdy e Marcos, que tornaram o curso mais leve e cheio de significado. Com eles compartilhei momentos difíceis, mas também experiências inesquecíveis, como a viagem a Florianópolis para o IBRACON e os ensaios no laboratório de materiais, memórias que sempre carregarão um lugar especial na minha história.

A todos que de alguma forma contribuíram para esta conquista, deixo aqui meu mais sincero agradecimento.

Raramente haverá uma única solução para a maioria dos problemas de projeto de pavimentação. Ao contrário, haverá normalmente uma vasta gama de alternativas de estruturas de pavimento representando diferentes combinações de materiais e técnicas de construção que lhe darão um resultado satisfatório.

SHACKEL, 2006.

RESUMO

A pavimentação urbana desempenha papel fundamental no equilíbrio entre funcionalidade, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica, especialmente em áreas de lazer e convivência. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o desempenho de três tipos de pavimentos, intertravado, paralelepípedo e concreto moldado in loco, implantados no Parque Linear Parahyba II, em João Pessoa (PB), a partir de três parâmetros principais: permeabilidade, conforto térmico e economicidade.

A pesquisa foi conduzida como um estudo de caso de caráter quantitativo, descritivo e comparativo, fundamentado em visitas técnicas, levantamento bibliográfico, ensaios de campo e análises laboratoriais. A permeabilidade foi avaliada por meio do ensaio de infiltração de acordo com a norma ASTM C1701, complementado por testes de massa seca e perda de umidade ao longo do tempo, aplicados em amostras de pavimento intertravado. A economicidade foi analisada a partir de dados de custos de implantação e manutenção extraídos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), permitindo calcular um fator de retorno de investimento baseado no custo por metro quadrado de cada pavimento. Já o conforto térmico foi mensurado com o auxílio de um termômetro infravermelho a laser, em diferentes horários do dia, correlacionando os resultados às condições climáticas locais e à Zona de Conforto Térmico proposta por Gagge et al. (1969), que estabelece uma faixa entre 27,5 °C e 32,3 °C como referência de bem-estar térmico.

Os resultados demonstraram que, em campo, todos os pavimentos apresentaram baixo desempenho de permeabilidade, possivelmente em razão de aspectos construtivos e de manutenção, embora os ensaios laboratoriais tenham evidenciado a capacidade intrínseca do intertravado de permitir maior infiltração. Quanto ao conforto térmico, os pavimentos rígidos, especialmente o concreto moldado in loco, apresentaram temperaturas superficiais significativamente superiores à faixa de conforto durante os horários de maior insolação, reforçando a importância de áreas sombreadas e de cobertura vegetal para mitigar a sensação térmica. No quesito economicidade, observou-se variação relevante nos custos de implantação e manutenção, sendo possível identificar o pavimento com melhor relação custo-benefício a partir da análise do fator de retorno de investimento.

Conclui-se que a escolha do pavimento exerce influência direta sobre a drenagem urbana, a qualidade ambiental e a eficiência econômica de espaços públicos. O estudo evidencia que o intertravado apresenta vantagens relacionadas à sustentabilidade e manutenção, enquanto o concreto, embora mais oneroso em termos térmicos, pode ser

considerado em situações que priorizem resistência estrutural. Já o paralelepípedo mostrou-se intermediário em termos de custo e desempenho. Dessa forma, os resultados obtidos oferecem subsídios técnicos para gestores públicos, engenheiros e urbanistas na tomada de decisão quanto ao uso de pavimentos mais adequados às condições locais, contribuindo para projetos urbanos mais sustentáveis, resilientes e voltados ao bem-estar da população.

Palavras-chave: Pavimentos urbanos; permeabilidade; conforto térmico; economicidade.

ABSTRACT

Urban paving plays a fundamental role in balancing functionality, environmental sustainability and economic viability, especially in leisure and social areas. In this context, the aim of this study was to analyze the performance of three types of paving, interlocking, cobblestone and cast-in-place concrete, implemented in the Parahyba II Linear Park in João Pessoa (PB), based on three main parameters: permeability, thermal comfort and cost-effectiveness.

The research was conducted as a quantitative, descriptive and comparative case study, based on technical visits, a literature survey, field tests and laboratory analysis. Permeability was assessed using the infiltration test according to ASTM C1701, complemented by dry mass and moisture loss over time tests, applied to samples of interlocking paving. Cost-effectiveness was analyzed using data on implementation and maintenance costs taken from the National System for Researching Construction Costs and Indices (SINAPI), allowing a return on investment factor to be calculated based on the cost per square meter of each sidewalk. Thermal comfort was measured using an infrared laser thermometer at different times of the day, correlating the results with local climatic conditions and the Thermal Comfort Zone proposed by Gagge et al. (1969), which establishes a range between 27.5 °C and 32.3 °C as a reference for thermal well-being.

The results showed that, in the field, all the sidewalks had low permeability performance, possibly due to construction and maintenance aspects, although the laboratory tests showed the intrinsic capacity of interlocking sidewalks to allow greater infiltration. As for thermal comfort, rigid sidewalks, especially cast-in-place concrete, had surface temperatures significantly higher than the comfort range during peak sunlight hours, reinforcing the importance of shaded areas and vegetation cover to mitigate the thermal sensation. In terms of economy, there was a significant variation in implementation and maintenance costs, and it was possible to identify the sidewalk with the best cost-benefit ratio by analyzing the return on investment factor.

The conclusion is that the choice of sidewalk has a direct influence on urban drainage, environmental quality and the economic efficiency of public spaces. The study shows that interlocking pavements have advantages related to sustainability and maintenance, while concrete, although more expensive in thermal terms, can be considered in situations where structural resistance is a priority. Cobblestones, on the other hand, proved to be intermediate in terms of cost and performance. In this way, the results obtained provide technical support

for public managers, engineers and urban planners in making decisions about the use of sidewalks that are more suited to local conditions, contributing to urban projects that are more sustainable, resilient and geared towards the well-being of the population.

Keywords: Urban sidewalks; permeability; thermal comfort; economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Central Park.....25
Figura 2 - Definições dos parques verdes.....26
Figura 3 - Localização Jardim Oceania.....26
Figura 4 - Localização Parque Linear Parahyba II.....27
Figura 5 - Praças e Parques de João Pessoa.....27
Figura 6 - Zoneamento Jardim Oceania de 2023.....28
Figura 7 - Sistema de camadas de um pavimento asfáltico.....30
Figura 8 - Tipos de pavimentos de concreto em placa.....31
Figura 9 - Placas de pavimento de concreto simples.....32
Figura 10 - Placas de pavimento de concreto armado.....33
Figura 11 - Armadura longitudinal do PCAC.....33
Figura 12 - Perfil de um pavimento em concreto protendido.....34
Figura 13 - Placa Pré-Fabricada.....35
Figura 14 - BR 290 no trecho que liga o município de Osório à cidade de Porto Alegre.....36
Figura 15-A e 15-B - Sistema de moldagem sobreposta e encaixada.....37
Figura 16 - Pavimento de Concreto Parque Parahyba II.....37
Figura 17 - Pavimento de concreto (corte longitudinal).....38
Figura 18 - Colchão de regularização e bloco de paralelepípedo.....39
Figura 19 - Pavimento de Paralelo Parque Parahyba II.....40
Figura 20 - Componentes do pavimento intertravado.....41
Figura 21 - Esforços que o intertravado pode sofrer.....42
Figura 22 - Sinalização Horizontal em Fortaleza.....43
Figura 23 - Piso intertravado podotátil direcional.....43
Figura 24 - Tonalidade das peças de concreto.....44
Figura 25 - Tipos mais comuns de formatos de blocos.....45
Figura 26 - Exemplo de blocos do tipo I.....45
Figura 27 - Exemplo de blocos do tipo II.....46
Figura 28 - Exemplo de blocos do tipo III.....46

Figura 29 - Exemplo de blocos do tipo IV.....46
Figura 30 - Padrões de assentamento dos blocos.....47
Figura 31 - Manutenção de pavimentos de blocos de concreto.....48
Figura 32 - Pavimento intertravado Parque Parahyba II.....48
Figura 33 - Pavimento praticamente impermeável.....49
Figura 34 - Pavimento permeável.....50
Figura 35 - Superfícies avaliadas em relação ao escoamento superficial.....53
Figura 36 - Escala sétima da ASHRAE.....56
Figura 37 - Pavimentos Parque Parahyba II.....60
Figura 38 - Setores Selecionados do Parque Linear Parahyba II.....61
Figura 39 - Equipamentos utilizados no ensaio de permeabilidade.....62
Figura 40-A e 40-B - Aplicação da massa epóxi.....63
Figura 41 - Marcação entre 10 e 15 mm.....64
Figura 42 - Recipiente graduado em 3,6 kg para pré-molhagem.....64
Figura 43 - Amostras coletadas.....66
Figura 44 - Medição das dimensões das amostras.....66
Figura 45 - Amostras na estufa a 105 ± 5°C.....66
Figura 46 - Pesagem das amostras para determinação da massa seca.....67
Figura 47 - Amostras submersas em meio aquoso.....67
Figura 48 - Pesagem das amostras para determinar a absorção de água.....68
Figura 49 - Amostras expostas.....68
Figura 50 - Tabela de composição de Custo - SINAPI.....69
Figura 51 - Descrição da Composição SINAPI CÓD. 94992.....70
Figura 52 - Descrição da Composição SINAPI CÓD. 101169.....71
Figura 53 - Descrição da Composição SINAPI CÓD. 92397.....72
Figura 54 - LASERGRIP GM400.....73
Figura 55 - Aplicativo “Tempo”.....74
Figura 56 - Mapeamento da temperatura e ventilação.....75
Figura 57 - Aferição da temperatura superficial.....75

Figura 58 - Área total de concreto moldado in loco..... 77
Figura 59 - Área total de paralelepípedo.....78
Figura 60 - Área total de intertravado.....78
Figura 61 - Área de todos os pavimentos.....79
Figura 62 - Acúmulo de água nos pavimentos.....80
Figura 63 - Juntas seladas do intertravado.....81
Figura 64 - Tinta no concreto.....81
Figura 65 - Bloco de paralelo.....82
Figura 66 - Alagamentos no parque.....83
Figura 67 - Mapa pluviométrico do INMET do Brasil em 15/08/2025.....84
Figura 68 - Inundação ao longo do Rio Jaguaribe..... 85
Figura 69 - Resquícios de alagamento no parque..... 86
Figura 70 - Película de água nos pavimentos.....86
Figura 71 - Escoamento superficial..... 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de Dimensões Características das Rochas..... 39
Tabela 2 - Redução do escoamento superficial de pavimentos na cidade de Kinston..... 51
Tabela 3 - Valores de “c” adotadas pela Prefeitura Municipal de São Paulo..... 52
Tabela 4 - Coeficientes de escoamento pelas superfícies..... 53
Tabela 5 - Valores típicos de coeficientes de permeabilidade de solos..... 54
Tabela 6 - Emprego de equipamentos típicos de drenagem em vias pavimentadas..... 58
Tabela 7 - Tabela comparativa de desempenho por parâmetro..... 76
Tabela 8 - Dados do ensaio de infiltração..... 83
Tabela 9 - Resultado dos ensaios de massa seca e perda de umidade..... 87
Tabela 10 - Umidade absorvida pelas amostras..... 88
Tabela 11 - Umidade perdida em 1 dia..... 89
Tabela 12 - Dados de temperatura das medições realizadas..... 90
Tabela 13 - Preço médio SINAPI dos pavimentos..... 92
Tabela 14 - Resumo dos custos dos pavimentos..... 93
Tabela 15 - Fator de Retorno de Investimento - FRI..... 93
Tabela 16 - Ranqueamento dos pavimentos por parâmetro..... 94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas Norma Brasileira
APP	Área de Preservação Permanente
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
CBR	Índice de Suporte Califórnia
DER/SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
EVA	Estudo de Viabilidade Ambiental
FRI	Fator de Retorno de Investimento
ICPI	Interlocking Concrete Pavement Institute
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
MEMI	Modelo de Balanço Energético de Munique para Indivíduos
MPA	Macrozonas de Proteção Ambiental
NBR	Norma Brasileira
NPCA	National Precast Concrete Association
PET	Equivalent Physiological Temperature
PCA	Pavimento de Concreto Armado
PCAC	Pavimento de Concreto com Armadura Contínua
PCPM	Pavimento de Concreto Pré-Moldado
PCPRO	Pavimento de Concreto Protendido
PCS	Pavimento de Concreto Simples
PMV	Predicted Mean Vote
PNE	Pessoas com Necessidades Especiais
SEINF	Secretaria Municipal da Infraestrutura
SEMAM	Secretaria de Meio Ambiente
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

Sinduscon/SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo
SUPLAN	Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado
TCZ	Zona de Conforto Térmico
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UV	Ultravioleta
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WT	Whitetopping
WTUD	Whitetopping Ultradelgado
ZEPA	Zonas Especiais de Proteção Ambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **19**

2 OBJETIVOS **23**

2.1 Objetivo Geral **23**

2.2 Objetivos Específicos **23**

3 REFERENCIAL TEÓRICO **24**

3.1 Parques Lineares Urbanos **24**

3.1.1 Parque Linear Parahyba II 26

3.2 Pavimentos **29**

3.2.1 Pavimento de concreto 30

3.2.1.1 Pavimento de concreto simples 32

3.2.1.2 Pavimento de concreto armado 32

3.2.1.3 Pavimento de concreto com armadura contínua 33

3.2.1.4 Pavimento de concreto protendido 34

3.2.1.5 Pavimento de concreto pré-moldado 34

3.2.1.6 Whitetopping 35

3.2.1.7 Whitetopping ultradelgado 36

3.2.1.8 Pavimento de concreto do Parque Parahyba II 37

3.2.2 Pavimento em paralelepipedo 38

3.2.3 Pavimento intertravado 40

3.3 Ensaio de desempenho **49**

3.3.1 Permeabilidade 49

3.3.2 Conforto térmico 54

3.3.3 Economicidade 57

4 METODOLOGIA **60**

4.1 Obtenção dos Dados **61**

4.2 Permeabilidade **62**

4.3 Economicidade **69**

4.4 Conforto térmico **73**

4.5 Análise de dados **76**

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **77**

5.1 Funcionalidade e área de ocupação dos tipos de pavimentos **77**

5.2 Desempenho de permeabilidade **79**

5.3 Desempenho de conforto térmico **89**

5.4 Desempenho de economicidade **92**

5.5 Tabela resumo de ranqueamento por parâmetro **94**

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS **96**

REFERÊNCIAS **98**

APÊNDICE **105**

ANEXO **107**

1 INTRODUÇÃO

A adoção de pavimentação em áreas urbanas exige do gestor público estudos que atendam a parâmetros socioeconômicos e ambientais. Dessa forma, surgindo como demanda da sociedade, a princípio, captadas nos orçamentos participativos, as áreas abertas de entretenimento, práticas esportivas e culturais têm sido objeto de projetos governamentais. Nesse sentido, foram executados os Parques Lineares Parahyba I, II, III e IV, onde o I e II estão localizados no bairro Jardim Oceania e o III e IV estão localizados no bairro Aeroclube, na cidade de João Pessoa.

Os Parques Lineares Parahyba estão inseridos em uma Área de Preservação Permanente, onde a fauna e a flora vêm sendo gradualmente recuperadas por meio da requalificação de um espaço anteriormente degradado. O que antes era marcado pelo lixo e pelo abandono deu lugar a áreas planejadas para a prática de esportes, atividades recreativas, eventos culturais e a integração da comunidade. Desta maneira, o projeto atendeu necessidades solicitadas pelos moradores dos bairros, com calçadas de contorno em todo seu perímetro, áreas de playground, academia de ginástica ao ar livre, bancos de concreto, ciclovia, estacionamentos com vagas para idosos e Pessoas com Necessidades Especiais (PNE), iluminação, sinalização vertical/horizontal, campos, quadras de areia e espaços para eventos culturais como a Corrida dos Parques, Programa Saúde em Movimento e Feira Agroecológica.

Desses espaços, o Parque Linear Parahyba II foi escolhido para o estudo devido à diversidade de tipos de pavimentação presentes em sua área, a utilização de pavimentos intertravados, paralelepípedos e concreto, possibilita uma avaliação de parâmetros que reflitam o desempenho de cada tipo de pavimento quanto a permeabilidade, conforto térmico e economicidade, o que faz o Parque Linear Parahyba II um espaço representativo para os objetivos deste trabalho.

Os pavimentos intertravados, de concreto e paralelepípedos são amplamente utilizados em áreas urbanas. Saber qual pavimento é o mais adequado para atender aos parâmetros de desempenho é crucial para garantir a eficiência da infraestrutura, reduzindo custos a longo prazo, melhorando a acessibilidade e otimizando a gestão de recursos, além de promover a sustentabilidade ambiental, já que cada tipo de pavimento possui um impacto diferenciado no ecossistema local e na qualidade de vida dos cidadãos. Portanto, qual tipo de pavimento apresenta melhor desempenho em áreas abertas de entretenimento, práticas esportivas e culturais ?

Um dos pontos de partida para a presente pesquisa foi a reportagem que aborda a requalificação de vias urbanas em Fortaleza por meio da implantação de pavimento intertravado, destacando seus benefícios urbanísticos, ambientais e sociais. Conforme apresentado na matéria, a substituição de pavimentos asfálticos ou de vias não pavimentadas por blocos de concreto intertravados tem potencial para reduzir a sensação térmica em até 10 °C, proporcionando maior conforto ambiental, especialmente nos períodos de alta temperatura.

De acordo com os dados divulgados, a iniciativa já resultou na requalificação de mais de 590 ruas, totalizando 225 km de vias, beneficiando cerca de 160 mil moradores. As intervenções, conduzidas pela Secretaria Municipal da Infraestrutura (SEINF), integram um programa mais amplo de urbanização, que contempla melhorias como sistema de drenagem, construção de calçadas acessíveis e investimento superior a R$ 578 milhões.

Como destacado pelo engenheiro civil Alex Maschio, consultor da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e diretor do Instituto Ruas, entre os benefícios atribuídos a essa tipologia estão a elevada durabilidade, a menor absorção de calor, a redução da demanda por iluminação e a facilidade de manutenção, com reaproveitamento das peças, apresentando custos semelhantes ao pavimento de concreto moldado no local. O intertravado distingue-se pelo uso de peças pré-fabricadas e instalação predominantemente manual. Tais características justificam a necessidade de investigar o desempenho em diferentes contextos, visando subsidiar escolhas mais eficientes em projetos de infraestrutura urbana.

A matéria insere essa política pública no contexto de tendências internacionais, citando o exemplo de Paris, que anunciou planos para substituir parte significativa de suas vias asfaltadas por alternativas mais sustentáveis, como o piso intertravado, associado ao aumento da arborização urbana. Nesse sentido, a reportagem despertou o interesse em investigar, de forma sistematizada, os impactos técnicos, ambientais e sociais dos pavimentos, servindo como estímulo para a definição dos objetivos e diretrizes desta pesquisa.

No contexto atual, é cada vez mais presente nos noticiários, relatos acerca de inundações urbanas. Esses eventos têm gerado prejuízos materiais como por exemplo, danos físicos a edificações, perdas totais ou parciais de veículos, danos ao patrimônio público e à saúde da população afetada. Dessa maneira, verifica-se uma quebra do cotidiano caracterizada por atrasos dos deslocamentos, mudanças de rotas, aumento de tempo de viagem, lentidão nos percursos, mudanças de meios de transporte e aumento do custo de viagem, principalmente. Esses fatos estão relacionados a um desequilíbrio hídrico entre as precipitações pluviométricas e a vazão de escoamento dos sistemas de drenagem.

O acelerado processo de urbanização tem favorecido o surgimento de elementos que intensificam a reflexão da radiação solar. Entre esses fatores, destacam-se os pavimentos de coloração escura ou com superfícies refletivas, as edificações com acabamentos estéticos que refletem luz e a baixa circulação de ar, resultante da verticalização das áreas urbanas. Esses componentes contribuem significativamente para o desconforto térmico urbano e para a formação do fenômeno conhecido como “ilhas de calor”.

Devido a carência de recursos públicos, os gestores são constantemente desafiados a tomar decisões estratégicas que maximizem o uso eficiente do orçamento disponível. Nesse cenário, torna-se fundamental priorizar projetos que apresentem baixo custo de implementação, operação e manutenção, mas que ofereçam benefícios significativos e duradouros à população. A busca por soluções inteligentes, sustentáveis e de alto retorno social é essencial para garantir que mesmo com limitações financeiras, as políticas públicas possam gerar impactos positivos e atender às demandas prioritárias da sociedade.

Os fatos acima relatados são fundamentais para o entendimento dos benefícios e limitações dos pavimentos no contexto urbano atual, especialmente em um cenário de mudanças climáticas e aumento da urbanização. Com a crescente preocupação do gerenciamento das águas pluviais, o estudo pode desempenhar um papel significativo na redução das enchentes e na melhoria da drenagem urbana, aperfeiçoando a gestão hídrica nas cidades. No entanto, para sua implementação ser eficaz, é necessário avaliar não apenas a eficácia técnica, mas também os custos envolvidos e os impactos no conforto térmico das cidades ao diminuir as temperaturas urbanas e combater as ilhas de calor, um aspecto vital para o bem-estar da população.

Do ponto de vista econômico, a pesquisa pode revelar qual pavimento oferece uma melhor relação custo-benefício, ao reduzir os custos com infraestrutura de drenagem e, possivelmente, melhorar a durabilidade das áreas pavimentadas. Além disso, entender o custo-benefício dos pavimentos para os gestores públicos é essencial para garantir a viabilidade financeira e a possível adoção em larga escala do pavimento que se adeque melhor a situações esperadas, especialmente em áreas onde os recursos são limitados.

Portanto, esse estudo não só contribui para a adoção de soluções mais eficientes e sustentáveis no planejamento urbano, mas também oferece compreensões que podem transformar as cidades em ambientes mais resilientes, econômicos e confortáveis, com impactos diretos na qualidade de vida da população. Assim, responder a essas questões é fundamental para a promoção de cidades mais sustentáveis, resistentes e agradáveis.

Para obter essas respostas, a estrutura do trabalho está organizada em seis (6) capítulos de forma sistemática para abordar o tema proposto, quais sejam: Capítulo 1 apresenta a Introdução, contextualizando o problema; Capítulo 2 define os Objetivos; Capítulo 3 aborda o Referencial Teórico, que embasa a pesquisa; Capítulo 4 descreve a Metodologia; Capítulo 5 apresenta os Resultados e Análise; Capítulo 6 traz as Considerações Finais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os parâmetros de desempenho dos tipos de pavimentos executados no Parque Linear Parahyba II.

2.2 Objetivos Específicos

Classificar os tipos de pavimentos;
Especificar as áreas de ocupação de cada tipo de pavimento;
Definir a funcionalidade dos pavimentos;
Analisar o desempenho de permeabilidade dos pavimentos;
Analisar o desempenho de conforto térmico dos pavimentos;
Analisar o desempenho de economicidade dos pavimentos;
Comparar os dados de cada pavimento;
Definir qual pavimento apresenta melhor desempenho.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Parques Lineares Urbanos

O movimento que conduziu à criação de parques urbanos, como explica Fadigas (2009), foi um fenômeno iniciado na Inglaterra, ligado ao contexto da Revolução Industrial, expandindo-se rapidamente pela Europa e pelas Américas. Dessa forma, as concepções de parques urbanos foram se modificando de acordo com a época, influenciados tanto por características sócio-econômicas quanto culturais. De acordo com Oliveira (1996), áreas verdes correspondem a espaços permeáveis que cumprem diferentes papéis. No aspecto social, promovem lazer, encontros e socialização. Sob a ótica psicológica, contribuem para reduzir a tensão cotidiana por meio de atividades recreativas, contemplativas e de descanso. No campo educativo, servem como espaços para a educação ambiental. Em termos ecológicos, exercem influência sobre a vegetação, o solo, a fauna, o clima e a qualidade do ar, da água e do próprio solo. Já na função estética, contribuem para diversificar a paisagem e embelezar o ambiente urbano.

Devido ao crescente processo de degradação socioambiental presente na maioria das áreas urbanas no século XXI, especialmente nos países em desenvolvimento, as instituições governamentais estão implementando programas e projetos voltados, principalmente, para a preservação e recuperação dos cursos d'água. Segundo Tucci (2005), entre as diversas formas de conciliar o processo de urbanização contemporâneo com a preservação ambiental, o parque urbano surge incorporando novos conteúdos culturais e estéticos, moldando o perfil, o entorno e as identidades, devendo ser compreendido em seus diferentes tempos, funções e usos. Medeiros (2016) em sua tese de doutorado, afirmou que os parques lineares estão se tornando ferramentas importantes para o planejamento de espaços livres urbanos e criação de políticas públicas voltadas à busca de uma melhor qualidade de vida para a população. Haja vista que Friedrich (2007) define o parque linear como um equipamento capaz de estruturar programas ambientais em áreas urbanas, sendo amplamente utilizado como instrumento de planejamento e gestão das zonas marginais aos cursos d’água. Esses parques podem estar integrados a córregos, rios e lagos, contribuindo para a restauração de terrenos alagadiços, a prevenção de enchentes em áreas densamente urbanizadas, o direcionamento e controle das águas pluviais, além de funcionarem como corredores vegetados que favorecem a mobilidade das pessoas e a preservação da fauna nativa.

Nessa perspectiva, Barbosa (2010) argumenta que o parque linear pode desempenhar um papel fundamental em questões como drenagem urbana, proteção dos recursos naturais, combate às ocupações irregulares, promoção da coesão social e educação ambiental. Além disso, contribui para a valorização paisagística, gerando benefícios econômicos para as cidades. Como também, Borges (2010) afirma que a recuperação de áreas degradadas, por meio da implantação de parques lineares, contribui para o controle da temperatura, a melhoria da qualidade do ar por meio da arborização e a prevenção de construções irregulares na zona ripária dos cursos hídricos.

Conforme apontam Kraft & Gomes (2017), os parques localizados em áreas verdes dentro do espaço urbano tendem a ser os mais frequentados, especialmente quando destinados à recreação. Esses ambientes oferecem à população oportunidades para a prática de diferentes atividades físicas, ao mesmo tempo em que inserem elementos naturais no cenário da cidade. Alguns alcançaram reconhecimento internacional, como é o caso do Central Park, situado no distrito de Manhattan, em Nova Iorque (Figura 1), que se tornou um ícone de contato com a natureza e de tranquilidade para seus visitantes.

Figura 1 - Central Park

Fonte: Ester Inbar (2007)

Desde a criação dos parques verdes, esses espaços têm assumido diferentes formatos e interpretações. Com o avanço do desenvolvimento no cenário brasileiro, o tema passou a receber maior destaque. Assim, de acordo com diversos autores nacionais, podem ser

apresentadas as seguintes definições (Figura 2):

Figura 2 - Definições dos parques verdes

Parque urbano		
Macedo	**Sá carneiro**	**Sakata**
é um espaço livre público estruturado por vegetação dedicado ao lazer da massa urbana, atendendo a uma diversidade de lazer, esportivas, cultural e contemplação.	são espaços públicos com funções predominantes de recreação, com uma grande malha urbana, contendo componentes de paisagem natural.	considera todo espaço urbano público de uso destinado a recreação em massa, capaz de incorporar intenções de conservação e cuja estrutura morfológica é auto-suficiente, isto é, não é influenciada por nenhum estrutura construída em seu entorno.

Fonte: Adaptado de Ferreira (2007)

3.1.1 Parque Linear Parahyba II

O Parque Linear Parahyba II está localizado no nordeste brasileiro, no município de João Pessoa, mais precisamente no bairro da zona norte, Jardim Oceania (Figura 3 e 4), entre as coordenadas 7°04’45’’S e 34°50’21’’O, e possui uma área total de terreno de 99.151,00 m².

Figura 3 - Localização Jardim Oceania

Fonte: Medeiros (2024)

Figura 4 - Localização Parque Linear Parahyba II

Fonte: Base Google Earth, Elaborado pelo autor, 2025

De acordo com o macrozoneamento e o zoneamento previstos no Plano Diretor Municipal (João Pessoa, 2024), as MPA – Macrozonas de Proteção Ambiental – e as ZEPA – Zonas Especiais de Proteção Ambiental – correspondem a áreas voltadas à preservação e conservação dos elementos ambientais e paisagísticos, nas quais são estabelecidas restrições quanto ao uso e à ocupação do solo. Parte desses territórios integra os espaços livres públicos da cidade, como praças e parques, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Praças e Parques de João Pessoa

Fonte: Medeiros (2024)

Em 2021, iniciou-se o processo de atualização do Plano Diretor Municipal de João Pessoa, que resultou, entre outras alterações, na promulgação da Lei Complementar nº 164 de 2024, responsável por estabelecer um novo macrozoneamento urbano. Com isso, em 2023, esse zoneamento passou por modificações, originando o mapa apresentado na Figura 6. Já a Lei de Uso e Ocupação do Solo, regulamentada pela Lei nº 166 de 2024, estabelece a divisão do setor em zonas habitacionais, comerciais e de serviços, além de áreas de proteção ambiental. As zonas residenciais são separadas pela zona central, que foi ampliada em relação à versão anterior devido à criação de novos eixos viários. A antiga zona turística foi reclassificada como área residencial, e houve alterações nas Zonas Especiais de Proteção Ambiental: às margens do rio Jaguaribe, localizadas nos limites oeste e norte, passaram a ser diferenciadas das áreas centrais dos bairros, onde se encontram o Parque Parahyba e o Aeroclube.

Figura 6 - Zoneamento Jardim Oceania de 2023

Fonte: Medeiros (2024)

Conforme estabelece a Lei Complementar nº 166, de 29 de abril de 2024, as Zonas Especiais de Proteção Ambiental (ZEPA) classificam-se em três categorias. A ZEPA-1 corresponde a áreas de elevado valor ambiental, como falésias, reservas florestais, lagoas, parques, bosques, manguezais, restingas, maceiós e outras áreas preservadas definidas pela legislação federal. A ZEPA-2 abrange áreas ambientalmente frágeis, incluindo planícies de inundação, falésias, bordas de tabuleiros, vales de rios, nascentes, estuários, córregos e lagos, nas quais é vedada a construção em uma faixa de 100 metros de proteção e sua gestão está vinculada à Secretaria de Meio Ambiente (SEMAM). E a ZEPA-3 que refere-se à porção da orla marítima, sujeita a restrições de uso e ocupação, cuja aprovação depende da análise, pela SEMAM, do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), do Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA) ou de Diagnóstico Ambiental.

Nesse contexto, o Parque Linear Parahyba II está enquadrado na categoria ZEPA-1. Como também, de acordo com a Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado (SUPLAN), o Parque Linear Parahyba II é considerado uma Área de Preservação Permanente (APP), onde a fauna e a flora estão sendo resgatadas com a recuperação de um espaço que estava degradado.

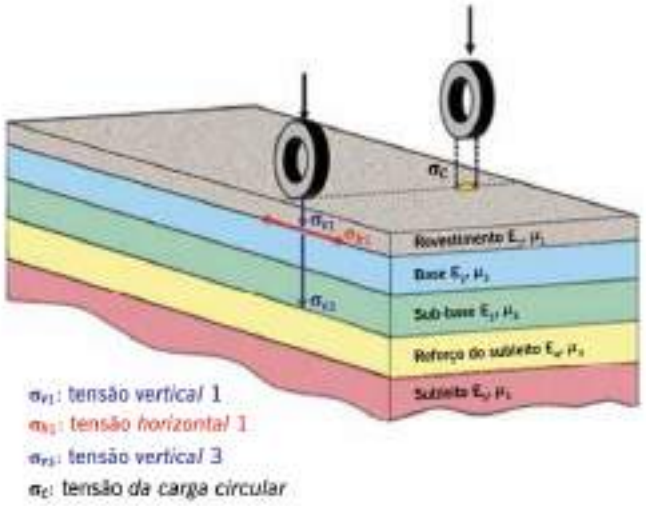
Segundo a superintendente da Suplan, a engenheira Simone Guimarães (2018):

> O Parque foi projetado com o intuito da interação social, de modo que todos usuários, fossem eles pessoas com alguma deficiência física ou não, seriam capazes de usufruir do espaço e dos equipamentos públicos instalados. Tal ideal concretiza uma política pública do Governo do Estado de tornar efetiva a inclusão social da pessoa com deficiência, sempre sobrelevando no projeto a indicação inclusiva e a divulgação das informações adequadas à população.

3.2 Pavimentos

De acordo com Bernucci et. al. (2008) , o pavimento é uma estrutura composta por múltiplas camadas de espessura limitada, assentada sobre a superfície final da terraplenagem. Sua função é, de forma técnica e economicamente viável, suportar os esforços decorrentes do tráfego de veículos e das condições climáticas, garantindo aos usuários melhores condições de rolamento, com mais conforto, segurança e economia (Figura 7).

Figura 7 - Sistema de camadas de um pavimento asfáltico



Fonte: Bernucci (2008)

Segundo Suzuki et. al. (2014) , os projetos de pavimentos tradicionais procuram conferir ao revestimento a máxima impermeabilidade possível. Essa medida visa proporcionar aos materiais subjacentes proteção contra o aumento de umidade, o que diminuiria a capacidade de carga, como também, evitar a degradação do revestimento. Com a evolução da malha viária em todo mundo, o crescimento das cidades, a impermeabilização do solo fez aumentar a frequência e intensidade de eventos de inundação, como também, o surgimento de vários tipos de pavimentação recorrentes no ambiente urbano.

Com isso, para a gestão pública, dispor de diferentes opções de pavimentos traz benefícios relacionados a diversos parâmetros, como a qualidade da administração, o impacto ambiental, o respeito às reservas naturais, a promoção da qualidade de vida da população, o conforto térmico, o uso eficiente dos recursos públicos e a prevenção de enchentes. Nesse sentido, torna-se essencial possuir alternativas de tipologias de pavimentos que atendam às características e demandas específicas de cada região.

3.2.1 Pavimento de concreto

Segundo a ABCP (2009), uma das mais importantes aplicações do cimento Portland é o pavimento rígido de concreto, uma tecnologia adotada no Brasil desde os anos 40. De acordo com, Balbo (2009), em seu livro Pavimentos de concreto, os pavimentos de concreto podem ser, elaborados e produzidos como pré-moldagem ou produção in loco. Dessa forma os

seus tipos são: pavimento de concreto simples (PCS), pavimento de concreto armado (PCA), pavimento de concreto com armadura contínua (PCAC), pavimento de concreto protendido (PCPRO), pavimento de concreto pré-moldado (PCPM), whitetopping (WT) e whitetopping ultradelgado (WTUD). A figura 8 apresenta as principais características estruturais e construtivas dos respectivos pavimentos:

Figura 8 - Tipos de pavimentos de concreto em placa

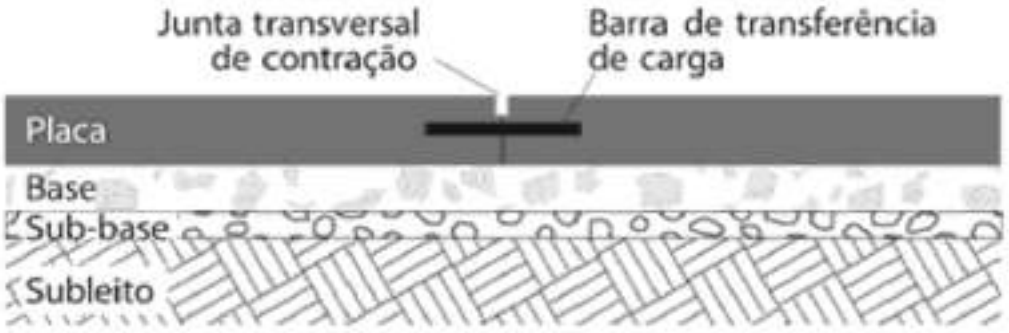
Pavimento de concreto simples	PCS	Concreto de alta resistência em relação a concretos estruturais para edifícios, que combate os esforços de tração na flexão gerados na estrutura, por não possuir armaduras para isso. A presença de juntas serradas de contração (para controle da retração) pouco espaçadas é marcante
Pavimento de concreto armado	PCA	Concreto que trabalha em regime de compressão no banzo comprimido, mas sem sofrer esmagamento. No banzo tracionado estão as armaduras resistentes aos esforços de tração, o que faz dele um concreto convencional armado. Há juntas serradas, porém de modo mais espaçado que no PCS
Pavimento de concreto com armadura continua	PCAC	Concreto que tolera a fissuração de retração, transversalmente, de modo aleatório. A armadura continua, colocada pouco acima da linha neutra, na seção transversal da placa, cabe a tarefa de manter as faces fissuradas fortemente unidas. Não se executam juntas de contração nesse pavimento, com exceção das construtivas
Pavimento de concreto protendido	PCPRO	Concreto que permite placas de grandes dimensões planas e menores espessuras, trabalhando em regime elástico
Pavimento de concreto pré-moldado	PCPM	As placas de concreto pré-moldadas atendem à necessidade de transporte. São normalmente fabricadas sob medida, com elevado controle e precisão, para a rápida substituição de placas em pavimentos de concreto deteriorados
Whitetopping	WT	Nova camada de revestimento de um antigo pavimento asfáltico de concreto, que poderá ser em PCS, PCA, PCAC, PCPRO ou PCPM, de acordo com os respectivos padrões construtivos dessas soluções
Whitetopping ultradelgado	WTUD	Camada delgada de concreto, de elevada resistência, lançada sobre a antiga superfície asfáltica fresada, que apresenta placas de pequenas dimensões e trabalha por flexão e deflexão. As juntas de contração são serradas com espaçamentos pequenos e, em geral, utiliza-se concreto de alta resistência

Fonte: Balbo (2009)

3.2.1.1 Pavimento de concreto simples

Segundo Silva (2014), o pavimento de concreto simples é composto por placas de concreto de cimento Portland, separadas por juntas moldadas ou cortadas, que podem contar com dispositivos de transferência de carga. Essas placas são apoiadas sobre uma sub-base granular ou tratada, assentada diretamente sobre o subleito (Figura 9).

Figura 9 - Placas de pavimento de concreto simples



Fonte: Balbo (2009)

No entendimento do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2005), como não há armadura estrutural nesse tipo de pavimento, a resistência à tração por flexão é assumida integralmente pelo concreto. Por isso, a espessura da placa e sua resistência característica à tração são parâmetros decisivos no projeto.

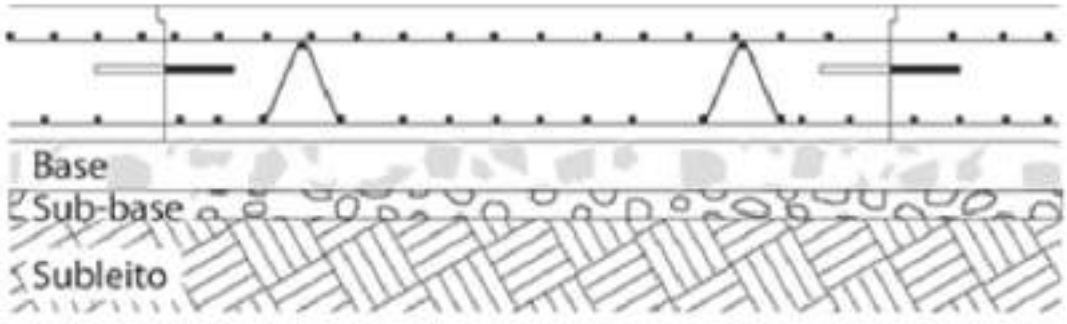
Para o dimensionamento, também é fundamental conhecer o coeficiente de recalque do subleito — ou módulo de reação de Westergaard —, que pode ser estimado por meio de correlações com o Índice de Suporte Califórnia (CBR), conforme indicado por Senço (2007).

3.2.1.2 Pavimento de concreto armado

O pavimento de concreto armado é constituído por um conjunto de placas com armadura (Figura 10), geralmente com dimensões planas superiores às do pavimento simples. Segundo Balbo (2009), esse tipo de pavimento está sujeito a esforços de flexão, possuindo uma taxa significativa de armadura tanto para resistência quanto para controle de retração. A principal diferença em relação ao pavimento de concreto simples está no critério de dimensionamento e na forma de análise das tensões, pois considera-se que os esforços de tração críticos, sejam eles nas fibras superiores ou inferiores, são suportados pela seção

transversal da armadura de aço.

Figura 10 - Placas de pavimento de concreto armado



Fonte: Balbo (2009)

3.2.1.3 Pavimento de concreto com armadura contínua

Conforme Da Silva (2014), o pavimento de concreto continuamente armado possui armadura longitudinal contínua (Figura 11), dispensando juntas transversais intermediárias de expansão ou contração. Esse tipo de solução é comumente utilizado na execução de pavimentos aeroportuários.

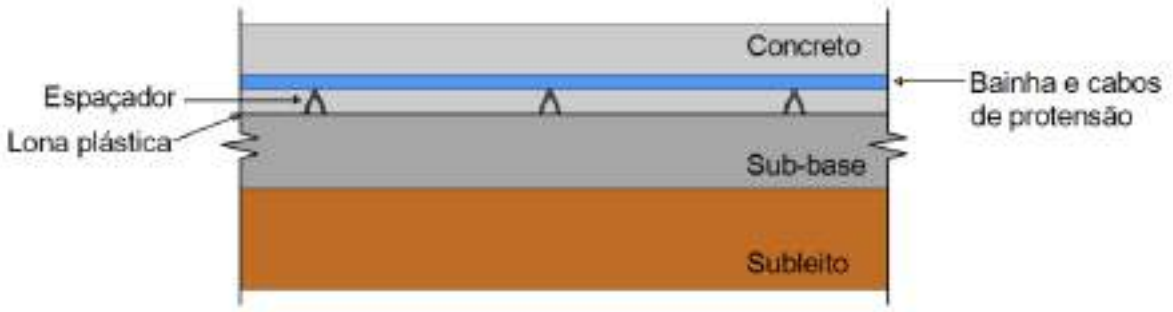
Figura 11 - Armadura longitudinal do PCAC

Fonte: LabTrans/UFSC (2017)

3.2.1.4 Pavimento de concreto protendido

De acordo com Balbo (2009), o pavimento de concreto protendido (PCPRO) pode incorporar tanto armaduras convencionais quanto cordoalhas protendidas (Figura 12).

Figura 12 - Perfil de um pavimento em concreto protendido



Fonte: Santos (2015)

Essa técnica possibilita a execução de placas de grandes dimensões sem a necessidade de juntas de contração. Conforme Santos (2015), esse tipo de pavimento apresenta menor espessura e suporta cargas elevadas em comparação ao pavimento de concreto simples (PCS). As placas, por serem maiores e com juntas mais espaçadas, reduzem significativamente os custos de manutenção, já que estas se concentram principalmente nas juntas.

Segundo Venturini (2012), a Fernandes Engenharia construiu, em Cabreúva (Região metropolitana de Jundiaí/SP), para um centro de distribuição, uma placa de 7.488 m² sem juntas, estabelecendo um recorde mundial. A obra consumiu mais de 1.000 m³ de concreto.

A execução desse sistema é mais ágil que a de pavimentos de concreto armado, e a resistência característica do concreto utilizado deve ser igual ou superior a 35 MPa (Silva, 2011). Conforme Gomes Júnior (2009), caso ocorram fissuras devido a sobrecargas, elas podem se fechar após a remoção do esforço, graças à tensão permanente de compressão no concreto — característica que não se verifica em outros tipos de pavimento.

3.2.1.5 Pavimento de concreto pré-moldado

Em reportagem publicada pela Cimento Itambé (2017) sobre tecnologias utilizadas nos Estados Unidos e no Canadá, o engenheiro civil Tom Kazmierowski, gerente de engenharia de materiais do Departamento de Ontário, destacou que ambos os países têm

reabilitado antigas rodovias de concreto por meio da substituição de trechos inteiros por placas pré-fabricadas (Figura 13), que podem atingir até 20 metros de comprimento. Essa solução diminui os custos de manutenção, pois, em vez de demandar grandes equipes e maquinário pesado, a recuperação é realizada apenas com a retirada do painel danificado e a instalação de um novo.

Figura 13 - Placa Pré-Fabricada

Fonte: National Precast Concrete Association (2013)

Segundo a National Precast Concrete Association (NPCA), a padronização desse tipo de pavimento se deve ao fato de as peças, por serem produzidas de forma industrializada, estarem menos sujeitas às variações provocadas pelo clima, pela qualidade dos materiais ou por interferências da mão de obra e dos equipamentos utilizados na execução de pavimentos moldados in loco. No caso do pavimento de concreto pré-fabricado, os painéis são fabricados e curados em ambiente controlado, garantindo maior uniformidade e desempenho.

3.2.1.6 Whitetopping

Conforme a norma DNIT 068/2004, o whitetopping é um tipo de pavimento constituído por concreto de cimento Portland aplicado sobre um pavimento flexível já existente (Figura 14). Seu comportamento estrutural é semelhante ao de qualquer pavimento rígido, no qual as tensões solicitantes são suportadas pelo próprio concreto, sendo o antigo pavimento asfáltico aproveitado como sub-base. Trata-se, portanto, de uma camada rígida

utilizada para reforçar e reabilitar pavimentos flexíveis, formada por placas de concreto delimitadas por juntas longitudinais e transversais, conforme também descrito pelo DNIT (2005).

Figura 14 - BR 290 no trecho que liga o município de Osório à cidade de Porto Alegre

Fonte: Concepa

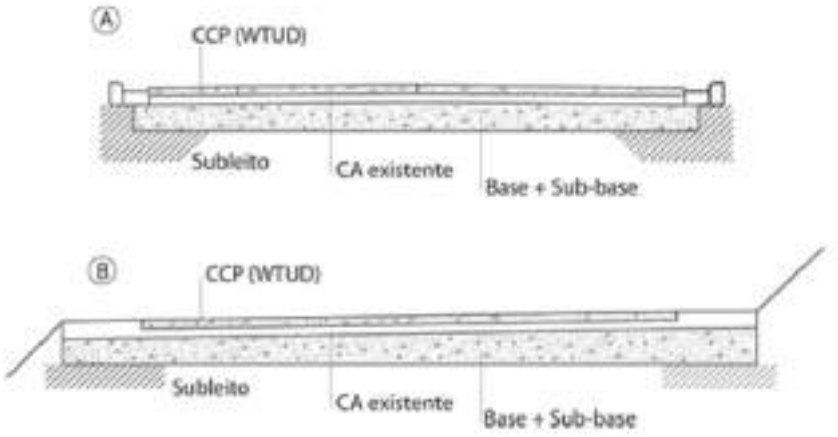
Segundo Pitta (1996), a execução consiste na aplicação direta do concreto sobre o revestimento antigo, exigindo intervenções prévias apenas quando o pavimento apresentar alto grau de deterioração funcional ou estrutural. Nesses casos, é necessário corrigir as falhas por meio de fresagem ou, em situações mais críticas, pela colocação de uma camada de nivelamento antes da concretagem.

3.2.1.7 Whitetopping ultradelgado

De acordo com Hawbaker (1996) e Chattin (1997), a principal distinção entre o Whitetopping ultradelgado espessura (WTUD) e o Whitetopping convencional está, conforme apontado na literatura, na espessura da camada de concreto utilizada. Quando essa espessura é inferior a 100 mm, o pavimento é classificado como WTUD.

Carvalho (2007) complementa que o whitetopping ou o whitetopping ultradelgado pode ser classificado como “overlay” (Figura 15-A) quando aplicado sobre o pavimento flexível existente, ou “inlay” (Figura 15-B) quando instalado no interior do revestimento, implicando na demolição parcial do material asfáltico anterior.

Figura 15-A e 15-B - Sistema de moldagem sobreposta e encaixada



Fonte: Balbo (2009)

3.2.1.8 Pavimento de concreto do Parque Parahyba II

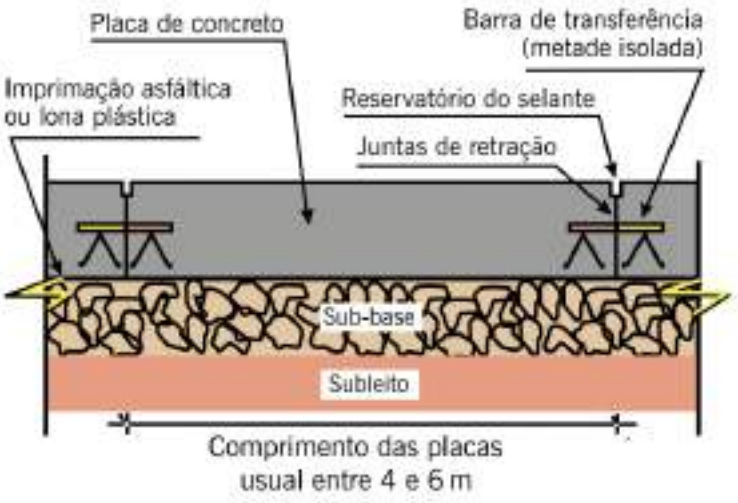
O pavimento de concreto utilizado no Parque Parahyba II é do tipo concreto simples, comumente empregado em ciclovias (Figura 16). Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP), trata-se de um pavimento cuja camada é composta por placas de concreto de cimento Portland, não armadas ou, eventualmente, com armaduras sem função estrutural, que exercem simultaneamente as funções de base e revestimento.

Figura 16 - Pavimento de Concreto Parque Parahyba II

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Bernucci et. al. (2008), afirma que os pavimentos de concreto são caracterizados pelo revestimento formado por placas de concreto de cimento Portland. A definição de sua espessura considera a resistência à flexão dessas placas e a capacidade de suporte das camadas inferiores. Essas placas podem ser confeccionadas com ou sem armadura de aço, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17 - Pavimento de concreto (corte longitudinal)



Fonte: Bernucci (2008)

3.2.2 Pavimento em paralelepipedo

Para Dowson (2009), a pavimentação utilizando pedras naturais fornecia o único meio prático de formação de superfícies sólidas para estradas, tendo o seu uso continuado através de diferentes civilizações, embora as construções diferissem, dependendo do tipo de pedras disponíveis, tipos de solo e tipo de tráfego.

O desenvolvimento desse tipo de pavimento levou, inicialmente, ao emprego de pedras talhadas, originando os pavimentos conhecidos como paralelepípedos. De acordo com o DNIT (2006), esses pavimentos são formados por blocos regulares assentados sobre um colchão de regularização composto por material granular adequado (Figura 18). As juntas entre os blocos podem ser preenchidas com o próprio material do colchão, com pré-disposição, com misturas betuminosas, materiais específicos ou ainda com argamassa de cimento Portland.

Figura 18 - Colchão de regularização e bloco de paralelepípedo

Fonte: WebPiauí (2025)

Os paralelepípedos podem ser produzidos a partir de diferentes materiais, sendo mais comuns aqueles feitos de blocos de granito, gnaisse ou basalto. Conforme o Manual de Utilização para Paralelepípedos e Alvenaria Poliédrica do Governo do Estado do Paraná (1983), as rochas utilizadas para a produção de pedras destinadas ao revestimento de vias devem apresentar granulação fina a média, estar livres de alterações e possuir dureza e tenacidade adequadas. Além disso, para a fabricação de paralelepípedos, é necessário que sejam suficientemente homogêneas, possibilitando o corte no formato especificado.

As dimensões desses blocos podem variar de acordo com a natureza da rocha e o local de aplicação, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de Dimensões Características das Rochas

Local / Dimensões (cm)	São Paulo IPT	Rio de Janeiro	França	DNER
Largura	11,5 - 15	11 - 14	10 - 14	14 - 17
Comprimento	22 - 28	17 - 23	18 - 24	18 - 22
Altura	13 - 15	14 - 17	16 - 20	10 - 14

Fonte: Governo do Estado do Paraná (1983)

O seu dimensionamento é feito de forma empírica e carece de normatização. Sobre o reaproveitamento de paralelepípedos, Senço (2007) destaca que, quando a face utilizada para o tráfego apresenta desgaste, é comum realizar sua inversão, ou seja, colocar a face oposta como superfície de rolamento. No entanto, como no assentamento inicial geralmente se escolhe o lado mais regular para essa função, o resultado após a inversão tende a ser um pavimento com textura mais áspera em comparação ao original, como também, existe a funcionalidade de servir como base para um revestimento asfáltico. Dessa maneira, o pavimento de paralelo utilizado no Parque Parahyba II é do tipo referente ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER (1996), empregado nas ruas circunvizinhas do parque (Figura 19) tendo como funcionalidade o espaço de locomoção de veículos leves e pesados e estacionamento.

Figura 19 - Pavimento de Paralelo Parque Parahyba II

Fonte: Acervo pessoal (2025)

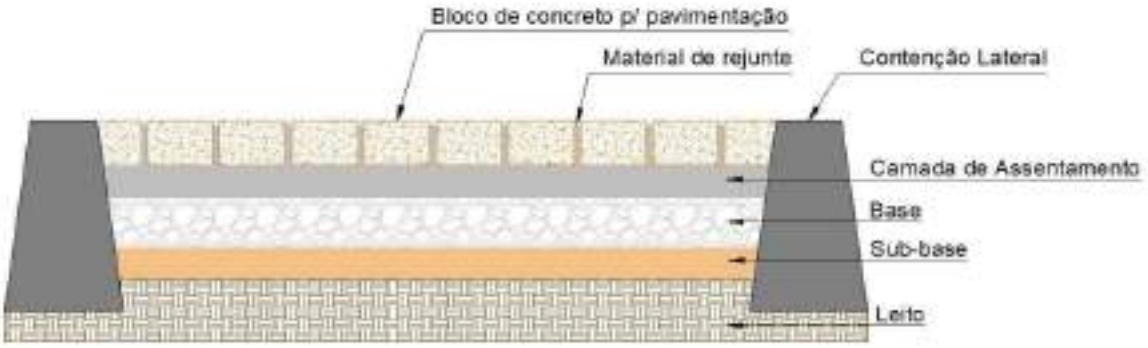
3.2.3 Pavimento intertravado

De acordo com Cabral (2017) da Universidade Federal do Ceará - UFC, os pavimentos intertravados têm sua origem nos pavimentos revestidos com pedras, executados na Mesopotâmia há quase 5.000 anos a.C. e muito utilizados pelos romanos desde 2.000 a.C.

As dificuldades da produção artesanal dessas pedras e a falta de conforto de rolamento impulsionaram o desenvolvimento das peças de concreto pré-fabricadas. Com isso, originando o intertravado/pavers que é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justaposta, uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento aberto e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção (Figura 20).

Segundo a ABCP, a contenção lateral tem a função de evitar o deslocamento horizontal dos blocos da camada de rolamento, garantindo o intertravamento. Já a areia de selagem atua na transferência de esforços entre os blocos de concreto, possibilitando que trabalhem de forma conjunta para suportar as cargas aplicadas.

Figura 20 - Componentes do pavimento intertravado



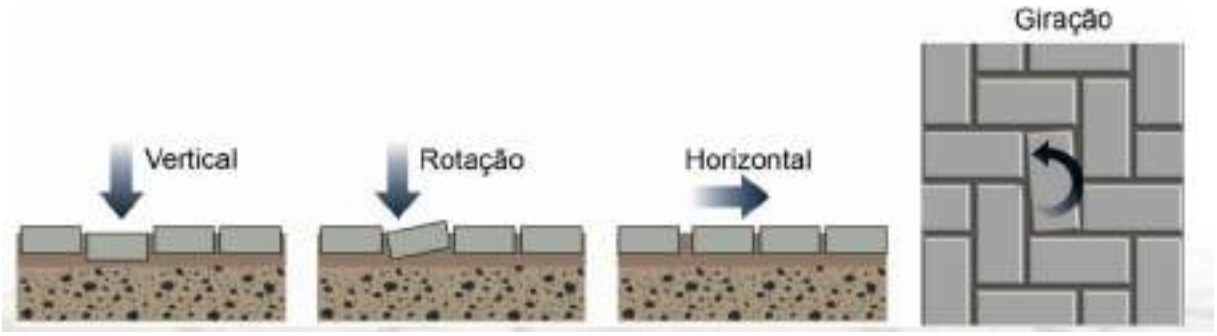
Fonte: Caderno Técnico das Composições de Pavimento Intertravado - Caixa (2022)

De acordo com o Manual de Pavimento Intertravado da ABCP, o intertravamento é:

> É a capacidade que os blocos adquirem de resistir a movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal ou de rotação em relação a seus vizinhos. O intertravamento é fundamental para o desempenho e a durabilidade do pavimento. Para que se consiga o intertravamento duas condições são necessárias e indispensáveis: contenção lateral e junta preenchida com areia.

O intertravamento funciona de maneira a distribuir e resistir aos esforços aplicados sobre os blocos. Quando a carga é aplicada no centro de um bloco, a tendência é que ele sofra um deslocamento vertical, afundando em relação aos demais. Caso a carga incida sobre a extremidade, ocorre a chamada giração, caracterizada pela rotação do bloco. Já quando o esforço é horizontal, como no momento da frenagem de um veículo, os blocos tendem a se deslocar lateralmente (Figura 21).

Figura 21 - Esforços que o intertravado pode sofrer



Fonte: ABCP (2012)

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2009), os pavimentos intertravados são compostos por peças pré-moldadas de concreto e constituem uma brilhante e eficaz solução para uso em ruas, calçadas, calçadões e praças, sendo largamente difundida no Brasil tanto na construção, como na reconstrução e reabilitação desses tipos de instalação urbana. Terminais de carga em portos, aeroclubes e estradas vicinais também constituem locais recomendados para essa tecnologia. Como descreve Lucena (2006), em sua monografia *"Uma Proposta de Manual para Avaliação das Condições de Superfície de Pavimentos com Revestimento de Paralelepipedo e Estradas Vicinais de Vias Urbanas",* os paralelepipedos e blocos intertravados/blockets são semelhantes em execução porém diferentes em cuidados e manutenção.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas Norma Brasileira (ABNT NBR) 9781:2013, conceitua pavimento intertravado como:

> Pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.

Conforme aponta SILVA (2016), os pavimentos intertravados possuem alta eficiência na drenagem, sendo amplamente aplicados para favorecer o escoamento das águas pluviais. As juntas existentes entre os blocos de concreto permitem a transferência das cargas das rodas por meio do mecanismo de cisalhamento. Nesse sentido, a ABNT NBR 16416:2015 define a peça de concreto permeável como um elemento pré-moldado de concreto com capacidade de permeabilidade, empregado como revestimento em pavimentos intertravados permeáveis.

De acordo com o Manual de Pavimento Intertravado (2010), unidades de blocos coloridos podem ser aplicados como recurso de sinalização horizontal, servindo para

demarcar pistas, vagas de estacionamento e identificar serviços públicos (Figura 22). Também é possível produzi-los em formato podotátil, destinados a calçadas, faixas de pedestres, áreas de cruzamento ou plataformas de trem (Figura 23). Diferentemente dos pavimentos convencionais, o sistema intertravado não exige continuidade monolítica para garantir sua resistência estrutural. Assim, intervenções em redes subterrâneas ou ajustes devido a deformações na base podem ser feitas retirando-se as peças e reconstruindo as camadas. Além disso, sua configuração modular possibilita a alteração do layout ao longo da vida útil.

Figura 22 - Sinalização Horizontal em Fortaleza

Fonte: ABCP (2023)

Figura 23 - Piso intertravado podotátil direcional

Fonte: Escola Engenharia (2019)

No quesito de dimensionamento, a calçada de pavimento intertravado destinada a ambientes externos deve ser projetada considerando fatores como resistência à abrasão, fluxo de pedestres, acessibilidade para cadeirantes e exposição às intempéries. Esse tipo de

pavimento apresenta diversas vantagens, entre elas uma superfície antiderrapante, que garante segurança mesmo em dias de chuva, e o conforto térmico proporcionado pelo uso de peças de concreto em tonalidades claras, que absorvem menos calor. Além disso, pode ser liberado para uso imediatamente após a compactação final, oferecendo rapidez na execução. Sua elevada resistência confere grande durabilidade, enquanto o caráter ecológico do concreto permite que seja totalmente reciclado e reaproveitado na produção de novos materiais, contribuindo para a preservação de jazidas e a redução de resíduos em aterros. Outro ponto positivo é a ampla variedade de cores e texturas disponíveis, possibilitando personalização estética das calçadas (Figura 24).

Figura 24 - Tonalidade das peças de concreto

Fonte: ABCP (2010)

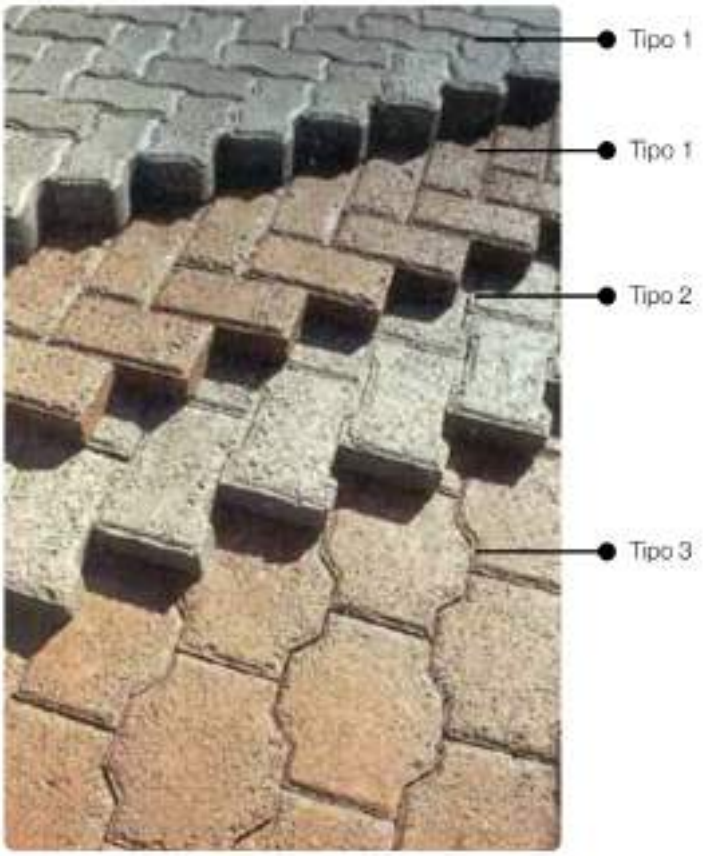
Estudos presentes na literatura apontam a existência de uma ampla variedade de formatos de blocos pré-moldados de concreto utilizados no revestimento de pavimentos. De acordo com o Interlocking Concrete Pavement Institute - ICPI (2006), o formato dessas peças influencia diretamente as possibilidades de padrões de arranjo. No entanto, a instituição adota uma postura conservadora ao não atribuir diferenças significativas entre as formas no que diz respeito ao desempenho estrutural e funcional.

O Manual de Pavimento Intertravado da ABCP (2010) classifica os blocos de concreto em três tipos básicos (Figura 25). O Tipo 1 possui formato retangular, sendo o mais comum, de fácil produção e aplicação, além de facilitar a execução de detalhes no pavimento. Geralmente, suas dimensões são de 20 cm de comprimento por 10 cm de largura, com faces laterais que podem ser retas, curvas ou poliédricas.

O Tipo 2, por sua vez, apresenta o formato conhecido como “I” e só pode ser assentado em fileiras intertravadas. Suas dimensões padrão também giram em torno de 20 cm de comprimento por 10 cm de largura.

Por fim, o Tipo 3 é caracterizado por seu peso e tamanho, que impedem o manuseio com apenas uma mão. Normalmente, possui dimensões mínimas de 20 cm por 20 cm, sendo mais robusto e indicado para aplicações específicas que demandam maior resistência.

Figura 25 - Tipos mais comuns de formatos de blocos

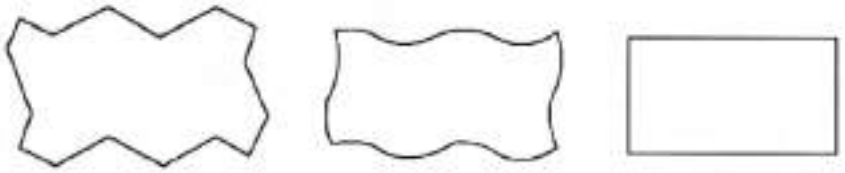


Fonte: ABCP (2010)

Segundo a ABNT NBR 9781 (2013), no Brasil os blocos de concreto para pavimentação são classificados em quatro categorias distintas.

- O Tipo I corresponde a blocos com formato próximo ao retangular, cuja relação entre comprimento e largura é igual a dois. Essas peças se conectam nos quatro lados e podem ser assentadas em fileiras ou no padrão espinha-de-peixe, como ilustrado na figura 26;

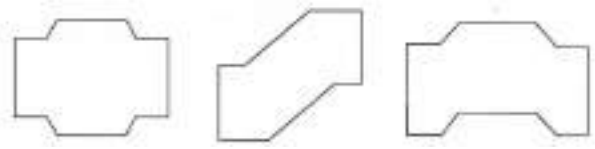
Figura 26 - Exemplo de blocos do tipo I



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

- O Tipo II refere-se a blocos com formato exclusivo, diferente do retangular, que só permitem assentamento em fileira, conforme mostra a figura 27;

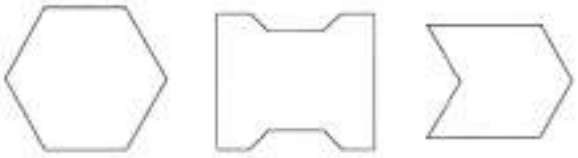
Figura 27 - Exemplo de blocos do tipo II



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

- O Tipo III abrange peças com formatos geométricos específicos, como trapézios, hexágonos e triedros, geralmente com peso superior a 4 kg, exemplificados na figura 28;

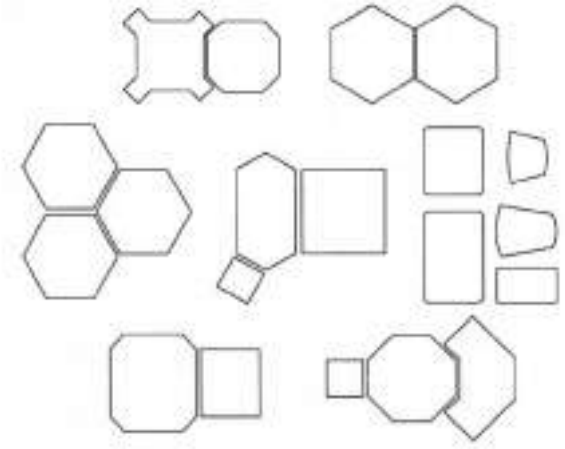
Figura 28 - Exemplo de blocos do tipo III



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

- Tipo IV engloba conjuntos formados por blocos de diferentes tamanhos ou por uma única peça com juntas falsas, que possibilitam a aplicação de um ou mais padrões de assentamento, conforme apresentado na figura 29.

Figura 29 - Exemplo de blocos do tipo IV



Fonte: ABNT NBR 9781 (2013)

Além das cores e formas, os blocos permitem vários tipos de assentamento: espinha de peixe, fileira, reto ou trama (Figura 30).

Figura 30 - Padrões de assentamento dos blocos

Fonte: ABCP (2010)

Os blocos em trama e fileiras são utilizados para o tráfego de pedestres, já os blocos em espinha-de-peixe a 45º (inclinado) e espinha-de-peixe a 90º (reto) são utilizados para tráfego de veículos.

A manutenção de pavimentos com blocos pré-moldados de concreto deve ser realizada de forma sistemática, visando preservar seu desempenho ao longo da vida útil. De acordo com a ABNT NBR 9781:2013, a limpeza deve ser feita por varrição ou escovação com cerdas plásticas rígidas (Figura 31). O uso de jatos d'água é permitido apenas de maneira moderada, sendo desaconselhado o emprego de lavadoras de alta pressão. Manutenções periódicas, preventivas ou corretivas, são fundamentais para corrigir falhas localizadas e garantir a durabilidade do revestimento.

Figura 31 - Manutenção de pavimentos de blocos de concreto

Fonte: ABNT (2013)

O funcionamento adequado do sistema intertravado depende da conservação das juntas preenchidas. Conforme a ABCP (2010), quando houver vazios superiores a 1 cm, deve-se identificar a causa, corrigi-la e repor o material de rejunte. A presença de vegetação não compromete a estrutura, mas recomenda-se sua remoção com ferramentas apropriadas.

Casos de afundamento geralmente estão associados a falhas de compactação ou a problemas em redes subterrâneas. Nessas situações, os blocos devem ser retirados, a anomalia corrigida e a superfície recomposta, observando as cotas de reconstrução para manter o nivelamento após a consolidação (DNIT, 2006). Já o surgimento de ondulações indica deficiência da base, instabilidade do subleito ou tráfego superior ao previsto no projeto, devendo-se eliminar a causa antes da repavimentação.

Diante do exposto, o pavimento intertravado presente no Parque Linear Parahyba II, é o do tipo I, apresentando assentamento no padrão de trama e sua funcionalidade se enquadra em calçadas e estacionamento (Figura 32).

Figura 32 - Pavimento intertravado Parque Parahyba II

Fonte : Acervo pessoal (2025)

3.3 Ensaio de desempenho

3.3.1 Permeabilidade

A permeabilidade é um aspecto essencial na mecânica dos solos, pois representa a aptidão que o solo possui de permitir o movimento de fluidos através de seus vazios. Segundo Caputo (1988), essa característica está diretamente ligada à porosidade e à dimensão dos poros, desempenhando papel determinante em processos como drenagem, adensamento e estabilidade de encostas. Para Massad (2010), o coeficiente de permeabilidade constitui uma das propriedades mais relevantes na engenharia geotécnica, uma vez que regula o comportamento dos maciços de solo em condições de fluxo, interferindo diretamente na performance de fundações, barragens e estruturas de contenção. Dessa forma, avaliar a permeabilidade é etapa imprescindível para o dimensionamento seguro de obras geotécnicas.

Nos pavimentos de baixa permeabilidade ou impermeáveis, o escoamento superficial de águas pluviais ocorre de forma acelerada, devido à ausência de infiltração. Esse volume de água excedente sobre a superfície exige maior capacidade dos sistemas de microdrenagem durante os períodos chuvosos, podendo resultar em alagamentos e enchentes (Figura 33).

Figura 33 - Pavimento praticamente impermeável

Fonte: Marchioni e Silva 2011

Por outro lado, os pavimentos permeáveis (Figura 34) reduzem significativamente o escoamento superficial, permitindo que a maior parte da água precipitada atravesse sua estrutura. Essa infiltração pode ocorrer diretamente no solo subjacente ou ser direcionada para sistemas complementares de drenagem.

Figura 34 - Pavimento permeável

Fonte: Marchioni e Silva, 2011

De acordo com Canholi (2005), em seu livro Drenagem urbana e controle de enchentes, a inexistência ou a insuficiência de dados pluviométricos provenientes de campanhas sistemáticas de hidrometria em áreas urbanas, induzem à utilização de processos indiretos para a determinação dos hidrogramas de projeto, que por sua vez, é definido através de correlações ou ensaios, como o ensaio de permeabilidade.

Segundo a cartilha do laboratório de Geotecnia da Universidade Federal da Bahia - UFBA, o coeficiente de permeabilidade é a grandeza que mede a facilidade com que um fluido escoa através de um meio poroso. Seu valor depende da viscosidade do fluido, do índice de vazios, do grau de saturação, do tamanho e da forma das partículas. O conhecimento do coeficiente de permeabilidade é importante em problemas de drenagem, percolação, rebaixamento de nível d'água e recalques.

Conforme Balbo (2020), em sua obra Pavimentos de Concreto Permeáveis, esse tipo de pavimento pode ser definido como uma estrutura plana e dotada de porosidade, que, embora não substitua os sistemas tradicionais de drenagem, exerce papel complementar no controle das águas pluviais. Sua função principal é viabilizar a percolação vertical da água proveniente das chuvas ou do escoamento superficial, o que se torna possível devido à permeabilidade tanto da camada de revestimento quanto da base. Assim, o sistema permite o armazenamento temporário da água nos vazios, promove sua infiltração no subleito e, quando necessário, utiliza drenos perfurados para direcionar o excedente.

No mesmo âmbito de pesquisa, Hunt e Collins (2008) analisaram a redução do escoamento superficial em pavimentos instalados na cidade de Kinston, Estados Unidos, a partir do monitoramento de mais de 40 episódios de precipitação registrados entre 2006 e 2007 (Tabela 2).

Tabela 2 - Redução do escoamento superficial de pavimentos na cidade de Kinston

Tipo de revestimento	Mediana (%)	Média (%)	Mínimo (%)
Concreto permeável	99,9	99,9	99,0
Blocos de concreto vazados	92,8	98,7	91,1
Mistura asfáltica comum	34,6	29,4	0

Fonte: Hunt e Collins (2008)

O Ministério do Meio Ambiente (Brasil), ao propor diretrizes para a construção sustentável em áreas urbanas, recomenda de forma explícita a utilização de pavimentos permeáveis, bem como a adoção de práticas de captação e aproveitamento das águas pluviais. Essas medidas fazem parte de um conjunto de soluções voltadas à redução dos impactos decorrentes da impermeabilização de superfícies naturais e urbanizadas.

Segundo Ferguson (2005), pavimentos permeáveis são aqueles cuja estrutura apresenta vazios que permitem a passagem da água. Esse tipo de tecnologia é considerado um sistema compensatório no controle do escoamento pluvial urbano (Baptista; Nascimento; Berraud, 2005; Chernicharo et al., 2007), principalmente pela capacidade de reduzir o escoamento superficial.

O escoamento superficial corresponde à etapa do ciclo hidrológico em que a água se desloca sobre a superfície terrestre. Esse fenômeno é originado, em sua maior parte, pelas precipitações e representa uma das fases mais relevantes do ciclo, já que está diretamente relacionado ao aproveitamento da água de superfície e à mitigação de problemas como erosão, alagamentos e inundações (Vilela; Matos, 1975).

Parte da água precipitada infiltra-se no solo, outra fração é interceptada pela vegetação, uma parcela acumula-se em reservatórios naturais ou artificiais e o restante escoa pela superfície, sendo denominado deflúvio superficial.

No dimensionamento de sistemas de drenagem, utiliza-se o coeficiente de escoamento como parâmetro fundamental para calcular a vazão máxima de contribuição de uma bacia hidrográfica, por meio do método racional, expresso pela equação:

$$Q = ciA \; ou \; Q = 0,278 \, ciA \tag{1}$$

Onde:

Q = Vazão máxima (m³/s);

c = Coeficiente de escoamento (tabelado que pode variar de 0 a 1);

i = Intensidade da precipitação local (mm/h);

A = Área do local (ha).

A diferença entre as duas equações é que a segunda inclui o fator 0,278, que pode ser usado para converter as unidades de intensidade de chuva (geralmente em mm/h), área (geralmente em hectares) e vazão em metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Os valores de referência do coeficiente de escoamento estão sistematizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de "c" adotadas pela Prefeitura Municipal de São Paulo

Zonas		Coeficiente de escoamento
1	de edificação muito densa	0,70 a 0,95
2	de edificação não muito densa	0,60 a 0,70
3	de edificações com poucas superfícies livres	0,50 a 0,60
4	de edificações com muitas superfícies livres	0,25 a 0,50
5	de subúrbios com alguma edificação	0,10 a 0,25
6	**de matas, parques e campos de esportes**	**0,05 a 0,20**

Fonte: Wilken, 1978

Pavimentos permeáveis podem ter coeficientes de escoamento menores que 0,05, permitindo, ao mesmo tempo, o uso do terreno como pavimentação. O principal objetivo desse tipo de pavimento é justamente diminuir o coeficiente de escoamento, alcançando valores de "c" inferiores aos típicos de áreas naturais, como matas, parques e campos esportivos.

Na prática, uma pavimentação permeável corretamente projetada pode apresentar desempenho hidrológico até superior ao de áreas vegetadas, especialmente quando o solo destas últimas já se encontra parcialmente compactado.

Essa observação é confirmada por estudos que mostram que áreas sem pavimentação nem sempre apresentam coeficientes entre 0,05 e 0,20. Fatores como solo compactado e a ausência de depressões e vegetação podem aumentar a quantidade de água que escoa superficialmente. Um exemplo disso é o estudo realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ARAÚJO, 1999), no qual simulações de chuva em diferentes tipos de superfície registraram os volumes de escoamento superficial (Figura 35).

Figura 35 - Superfícies avaliadas em relação ao escoamento superficial

Fonte: ARAÚJO, 1999

A estrutura dos pavimentos, composta por blocos vazados e concreto poroso, foi elaborada com agregados de granulometria aberta, possibilitando a completa infiltração da água, caracterizando-os como pavimentos permeáveis. A Tabela 4 apresenta os coeficientes de escoamento obtidos neste ensaio, calculados a partir da relação entre o volume total de água da chuva e o volume total de água escoado.

Tabela 4 - Coeficientes de escoamento pelas superfícies

Revestimento	Chuva total (mm)	Escoamento total (mm)	Coeficiente de escoamento
Solo compactado	18,66	12,32	0,66
Paralelepípedos	18,33	10,99	0,60
Bloco de concreto	19,33	15,00	0,78
Concreto	18,33	17,45	0,95
Blocos vazados	**18,33**	**0,5**	**0,03**
Concreto poroso	**20,00**	**0,01**	**0,005**

Fonte: ARAÚJO, 1999

Para avaliar adequadamente o desempenho de um pavimento permeável e assegurar que ele contribua efetivamente para a redução do escoamento superficial de água — um problema comum em áreas impermeabilizadas — é necessário medir a velocidade com que

um volume específico de água infiltra-se no solo, ou seja, determinar o coeficiente de permeabilidade do pavimento.

Os parâmetros de referência para a estrutura de um pavimento permeável baseiam-se em estudos sobre a permeabilidade natural dos solos. A Tabela 5 apresenta esses valores de referência para coeficientes de permeabilidade de diferentes tipos de solo (TERZAGHI; PECK, 1967). Em solos com permeabilidade alta ou média, a água infiltra rapidamente; já fora dessas faixas, o tempo de infiltração aumenta consideravelmente, tornando-se inadequado para superfícies que devem ser consideradas permeáveis.

Tabela 5 - Valores típicos de coeficientes de permeabilidade de solos

Tipo de solo	Coeficiente de permeabilidade k (m/s)	Grau de permeabilidade
Brita	$> 10^{-3}$	Alta
Areia de britra, areia limpa, areia fina	10^{-3} a 10^{-5}	Média
Areia, areia suja e silte arenoso	10^{-5} a 10^{-7}	Baixa
Silte, silte argiloso	10^{-7} a 10^{-9}	Muito baixa
Argila	$< 10^{-9}$	Praticamente Impermeável

Fonte: TERZAGHI, PECK, 1967

3.3.2 Conforto térmico

Segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo (Sinduscon/SP), o conforto térmico é um estado de bem-estar físico e mental que expressa satisfação da pessoa com o ambiente térmico ao seu redor. Dessa maneira, a pessoa não sente nem calor ou frio nesse ambiente, este estado pode estar associado à individualidade de cada pessoa, o que faz com que um ambiente ameno possa ser considerado confortável para uns, e desconfortável para outros.

Assim, as diferentes visões de conforto térmico podem, na prática, resultar em diferentes conjugações de tecnologia e comportamento. Culturalmente, sabe-se que a temperatura de conforto pode variar entre 18 °C a 32 °C, o que depende, principalmente, da relação entre a temperatura do ar interno e externo de um local.

O conforto térmico, no campo do urbanismo, está relacionado à qualidade ambiental

dos espaços abertos e edificados, influenciado por fatores como sombreamento, ventilação natural, materiais empregados no pavimento e na edificação, além da presença de áreas verdes. Segundo os princípios do urbanismo sustentável, a escolha adequada de materiais e o planejamento do espaço urbano contribuem para mitigar ilhas de calor e proporcionar melhores condições de bem-estar à população (DA SILVA, 2010). Nesse sentido, a ABNT NBR 15220-3 (2005) estabelece diretrizes para o desempenho térmico das edificações, destacando parâmetros como transmitância, absortância e ventilação, fundamentais para alcançar condições de conforto térmico nos ambientes urbanos e construídos.

Segundo Balbo (2020), os pavimentos de transporte e mobilidade urbana sofrem impactos da radiação solar, sendo que a resposta desses materiais às cargas e à radiação varia entre superfícies de mistura asfáltica e concretos com ligantes hidráulicos. As ilhas de calor urbano podem ser classificadas como superficiais ou atmosféricas, sendo que essas últimas se subdividem em marquise e contorno. Observa-se que as áreas centrais das cidades tendem a aquecer mais durante o final da tarde, em comparação com regiões mais afastadas do centro urbano.

Entre os fatores que contribuem para a formação das ilhas de calor destacam-se a baixa evapotranspiração devido à escassez de vegetação, a absorção elevada de radiação solar, a limitação do fluxo de ar e a intensa liberação de calor de origem antropogênica. Para mitigar esses efeitos, além do aumento de áreas verdes e de corpos d'água, é possível adotar materiais com maior refletância, como pavimentos de concreto permeável, que ajudam a reduzir o aquecimento e o escoamento superficial das águas pluviais.

O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2019) aponta que a urbanização eleva a temperatura média anual das superfícies urbanas e intensifica as ondas de calor noturnas. Além disso, o crescimento da pavimentação urbana altera o ciclo hidrológico, enquanto a poluição atmosférica tende a aumentar com o aquecimento. O IPCC ressalta que temperaturas extremas estão diretamente ligadas a maiores taxas de morbidade, mortalidade e redução da produtividade laboral, e que a intensificação de eventos de calor devido às mudanças climáticas futuras deverá agravar essas condições nas cidades.

Diante desse cenário, é recomendável que o planejamento urbano futuro considere a integração de infraestruturas verdes e pavimentos permeáveis de concreto, contribuindo para a mitigação das ilhas de calor, aumento da refletância das superfícies e redução do escoamento superficial da água da chuva.

Com os avanços nas pesquisas sobre conforto térmico, diversos índices e modelos preditivos têm sido propostos. O Voto Médio Predito (PMV - Predicted Mean Vote),

desenvolvido por Fanger (1970) e incluído na norma ISO 7730 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730, 2005), é o índice de conforto que prevê o valor médio de um grande grupo de pessoas, segundo a escala de sensações de 7 pontos (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE). Foi criado através de análises estatísticas de acordo com resultados obtidos por Fanger (1970) em estudos na Dinamarca em câmaras climatizadas. Nesses estudos as pessoas registravam seus votos sobre a sétima escala, que aponta desde muito frio até muito quente, mais amplamente utilizado nos estudos sobre conforto térmico (Figura 36).

Figura 36 - Escala sétima da ASHRAE

Fonte: ASHRAE

A sensação real sentida pela pessoa, é representada pela equação do PMV :

$$PMV = (0,303\, e^{-0,036M} + 0,028).L \qquad (2)$$

Onde:

PMV = Voto médio estimado, ou voto de sensação de conforto térmico;

M = Atividade desempenhada pelo indivíduo;

L = Carga térmica atuante sobre o corpo.

Para avaliação de ambientes ao ar livre, o índice PET (Equivalent Physiological Temperature), desenvolvido por Hoppe (1999) e baseado no Modelo de Balanço Energético de Munique para Indivíduos (MEMI), é amplamente recomendado, inclusive pela norma alemã Verein Deutscher Ingenieure - VDI 3787/2008, para caracterizar o estresse térmico urbano (HIRASHIMA, 2014). No Brasil, seu uso tem se intensificado com o software

RayMan (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER, 2007), exigindo dados de estações meteorológicas móveis e questionários aplicados aos frequentadores. Dessa forma, a análise comparativa da sensação térmica percebida pelos indivíduos torna-se essencial.

No estudo do conforto térmico em espaços abertos, a definição de parâmetros de referência é fundamental para a análise dos resultados obtidos. Nesse sentido, considera-se a Zona de Conforto Térmico (Thermal Comfort Zone – TCZ) proposta por Gagge et al. (1969), que estabelece como intervalo ideal de temperatura ambiente valores entre 27,5 °C e 32,3 °C, associados a uma temperatura média da pele variando entre 31,5 °C e 35,5 °C. Dessa forma, temperaturas superficiais que se situam abaixo de 27,5 °C ou acima de 32,3 °C são classificadas como indicativas de desconforto térmico, enquanto aquelas que se mantêm dentro da faixa proposta representam condições mais favoráveis ao bem-estar humano. Essa referência se torna relevante por fornecer um critério objetivo para a interpretação dos dados obtidos em ambientes urbanos, permitindo a avaliação comparativa do desempenho térmico de diferentes tipos de pavimentos.

3.3.3 Economicidade

Segundo o Conselho Nacional do Ministério Público, economicidade é a relação entre custo e benefício a ser observada na atividade pública, e sem afetar os padrões de qualidade posta como princípio para o controle da Administração Pública (artigo 70, Constituição Federal). De acordo com Araújo (2012), o administrador público frequentemente se depara com um dilema ao precisar decidir se deve priorizar o princípio da eficiência ou o da economicidade em uma contratação. Essa escolha pode comprometer a conformidade do processo com o ordenamento jurídico, que prevê esses princípios, e, assim, afetar o cumprimento do princípio da legalidade.

Ao definir o princípio da economicidade, Bruno (2008, p.69) o associa à:

> "[...] análise da relação custo-benefício que garante a inexistência de desperdício de recursos públicos, sendo essa verificação realizada através da observação da conformidade e do desempenho da escolha feita pelo agente, em comparação aos resultados efetivamente alcançados com a ação administrativa".

Bruno (2008) destaca que nem sempre o que é obtido a um custo reduzido atende de forma satisfatória à coletividade. Portanto, o controle da economicidade envolve avaliar a despesa sob a perspectiva da obtenção dos resultados com um custo adequado, que não

precisa ser necessariamente o menor possível.

De acordo com Balbo (2020), não se pode abrir mão da indicação de custos, pelo menos de forma comparativa, quando se trata do uso de pavimentos de concreto permeáveis. No Brasil, a utilização de pavimentos e calçadas permeáveis ainda é incipiente, sendo mais conhecida na comunidade da construção civil por meio de experimentos conduzidos em universidades.

A Tabela 6 apresenta uma distinção entre as estruturas usadas em pavimentos tradicionais e aquelas aplicáveis em pavimentos permeáveis, cuja principal função é reter parte significativa da água de escoamento superficial. É importante destacar que o pavimento permeável não tem a capacidade de captar toda a água da precipitação em um determinado período, o que pode demandar a presença de alguns elementos de drenagem típicos de vias com pavimentos convencionais. No entanto, essas exigências são significativamente menores.

Tabela 6 - Emprego de equipamentos típicos de drenagem em vias pavimentadas

Elementos de pavimentação e de drenagem	Pavimentos convencionais	Pavimentos ou calçamentos permeáveis	Observações
Revestimento	Sim	Sim	
Base permeável	Incomum	Sim	
Manta de polietileno	Não	Sim	Se para coleta d'água
Manta de geotêxtil	Não	Sim	Se para filtragem ou isolamento
Bocas de lobo e bocas de leão	Sim	Redução ao menos expressiva	
Tubos condutores convencionais	Sim	Redução ao menos expressiva	
Drenos subsuperficiais	Às vezes	Sim ou não	Quando a base é caixa de acúmulo para a coleta com tubos perfurados
Tubulação de condução de águas pluviais	Sim	Redução ao menos expressiva	
Sarjetas	Sim	Normalmente não	

Fonte: Balbo (2020)

De acordo com um estudo de Fitz et al. (2015), citado por Balbo, foi analisada uma área de estacionamento de 100.000 m² para comparar os custos entre pavimentos de concreto permeável e pavimentos asfálticos convencionais. No caso do concreto permeável, considerou-se 150 mm de concreto sobre 300 mm de base com agregado permeável; já para o pavimento asfáltico, utilizou-se 100 mm de mistura asfáltica densa sobre 200 mm de base granular. Os resultados indicaram que, ao longo do tempo, o pavimento de concreto

permeável apresenta menores custos totais devido à eliminação da necessidade de equipamentos de drenagem e à redução de gastos com manutenção, em comparação ao pavimento asfáltico convencional. No entanto, quando se analisavam apenas os custos de implantação das camadas de pavimentação, o concreto permeável mostrava-se cerca de 25% mais caro.

4 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma metodologia aplicada, de caráter quantitativo, descritivo e comparativo, utilizando como procedimento técnico o estudo de caso, complementado por pesquisa de campo. O objetivo principal foi avaliar três características de desempenho dos pavimentos presentes no Parque Linear Parahyba II: permeabilidade, economicidade e conforto térmico.

Foram analisados três tipos de pavimento: bloco intertravado, paralelepípedo e concreto moldado in loco (Figura 37). A análise ocorreu de forma comparativa, permitindo identificar o desempenho relativo de cada tipo de pavimento sob diferentes condições e usos. Para isso, foram selecionados setores específicos do parque como amostras representativas da área total, contemplando as diferentes tipologias de pavimento (Figura 38), os setores possuem as seguintes coordenadas: setor 1 está a 7°04'47.1"S e 34°50'19.4"O , setor 2 está a 7°04'46.1"S e 34°50'08.6"O , setor 3 está a 7°04'39.2"S e 34°50'05.9"O e setor 4 está a 7°04'41.3"S e 34°50'09.8"O.

Figura 37 - Pavimentos Parque Parahyba II

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 38 - Setores Selecionados do Parque Linear Parahyba II

Fonte: Base Google Earth, Elaborado pelo autor, 2025

Os parâmetros de desempenho foram avaliados em diferentes horários ao longo dos dias de coleta, garantindo a consistência e a representatividade dos dados obtidos. Essa abordagem possibilitou uma análise detalhada do comportamento de cada pavimento em situações reais de uso, fornecendo subsídios para decisões relacionadas à escolha e manutenção dos pavimentos urbanos.

4.1 Obtenção dos Dados

Visitas ao Parque Linear Parahyba II permitiram identificar e classificar os diferentes tipos de pavimentos presentes. Posteriormente, determinaram-se as áreas totais de cada

pavimento, suas funcionalidades e a extensão total do parque com o auxílio da planta baixa fornecida pela SUPLAN (Anexo A). Com base nesses dados, definiram-se os métodos de avaliação para os parâmetros de permeabilidade, economicidade e conforto térmico.

4.2 Permeabilidade

Para a realização dos ensaios, inicialmente foi conduzido um levantamento bibliográfico específico com o objetivo de identificar métodos adequados para a obtenção de dados de infiltração em pavimentos permeáveis. Em função de dificuldades técnicas relacionadas ao uso de sensores hidrostáticos, optou-se pela aplicação do ensaio de infiltração conforme especificado na norma americana American Society for Testing and Materials - ASTM C1701.

A execução do ensaio seguiu os procedimentos estabelecidos pela norma, utilizando os seguintes equipamentos: cilindro com 300 mm de diâmetro interno, galão de 20L para armazenamento de água, recipiente graduado de 5 litros, funil, massa epóxi, régua, bloco de anotações e caneta, balança de 10kg, cronômetro e água (Figura 39).

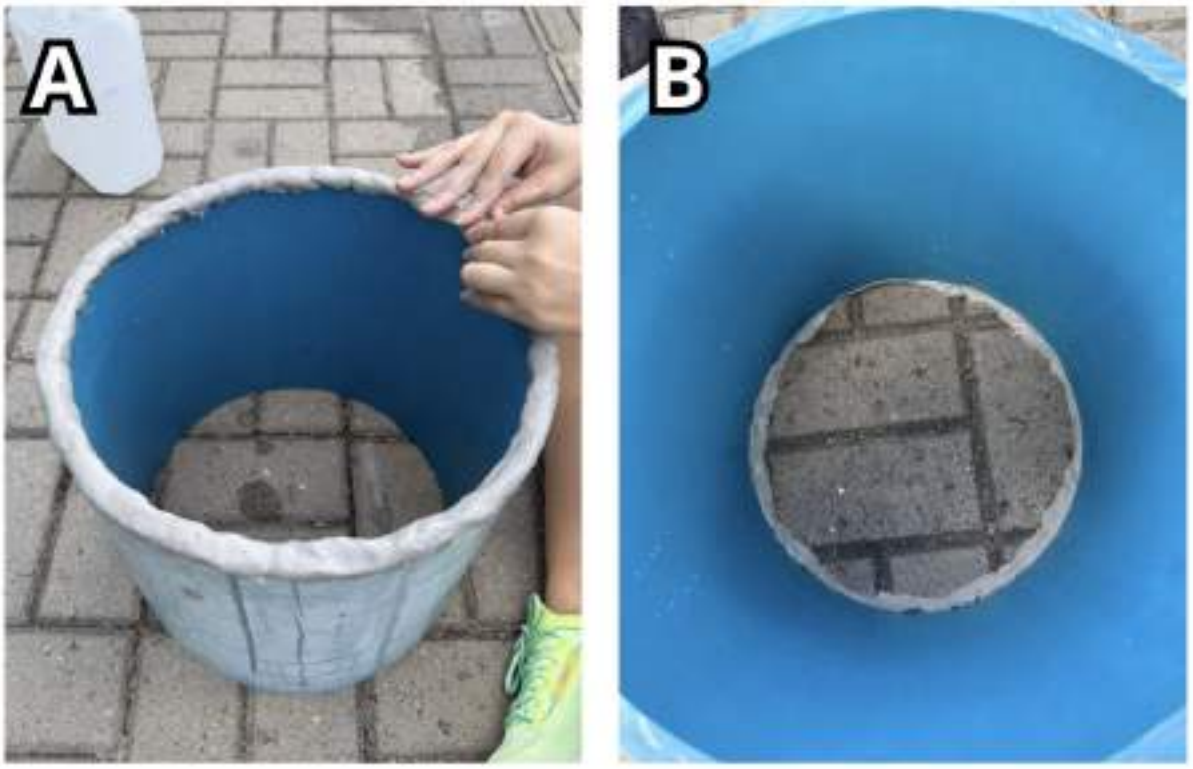
Figura 39 - Equipamentos utilizados no ensaio de permeabilidade

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Inicialmente, aplicou-se massa epóxi na borda inferior do cilindro (Figura 40-A), que

foi firmemente pressionado contra o pavimento (Figura 40-B). Para assegurar a vedação completa e evitar vazamentos laterais, adicionou-se massa epóxi nas bordas externas.

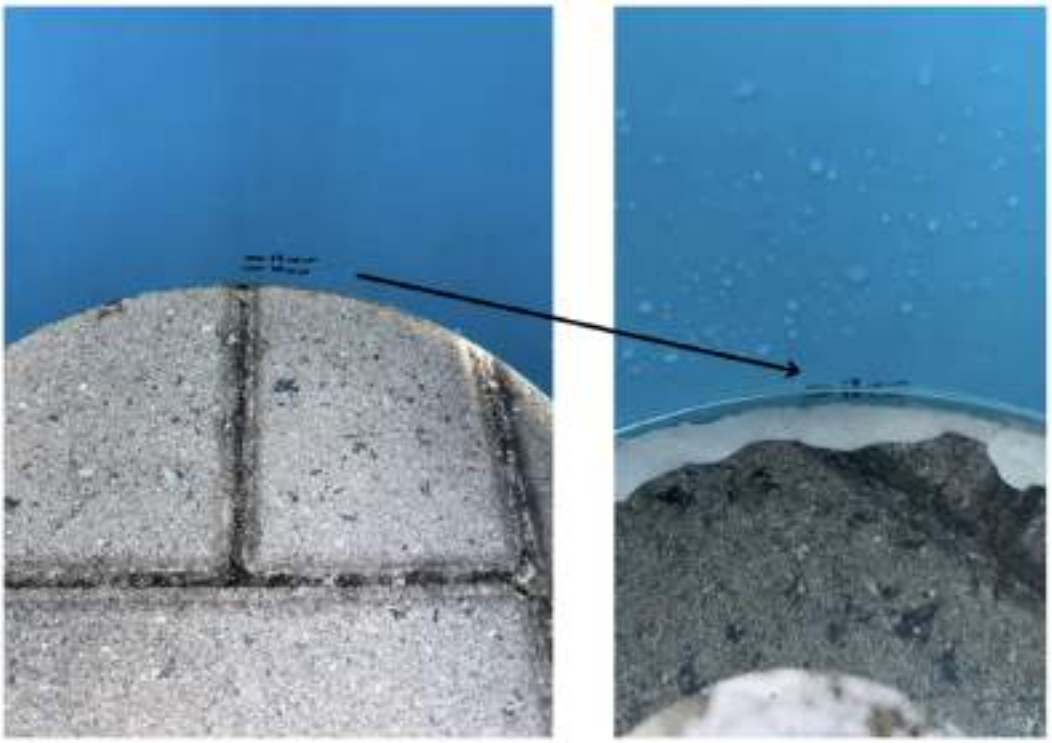
Figura 40-A e 40-B - Aplicação da massa epóxi



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Após a instalação, procedeu-se à pré-molhagem, conforme orienta a norma ASTM C1701 e descrito por Marchioni e Silva (2011). Nesta etapa, verteu-se água no interior do cilindro com vazão suficiente para manter a lâmina d'água (carga hidráulica) entre 10 e 15 mm (Figura 41). A norma estabelece o uso de 3,60 ± 0,05 kg de água (aproximadamente 3,6 L) para a pré-molhagem (Figura 42). O tempo de infiltração foi cronometrado desde o instante em que a água tocava a superfície do pavimento até a completa ausência de lâmina d'água visível.

Figura 41 - Marcação entre 10 e 15 mm



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 42 - Recipiente graduado em 3,6 kg para pré-molhagem

Fonte: Acervo pessoal (2025)

O ensaio principal de infiltração é iniciado no máximo 2 minutos após a pré-molhagem. A quantidade de água aplicada varia conforme o tempo observado na pré-molhagem: caso o tempo fosse inferior a 30 segundos, utiliza-se 18 ± 0,05 kg (18 L) de água; se superior a 30 segundos, aplica-se novamente 3,60 ± 0,05 kg (3,6 L). Durante o ensaio, a água deve ser despejada de forma a manter constante a carga hidráulica entre 10 e 15 mm, garantindo reprodutibilidade e comparabilidade dos resultados.

O coeficiente de infiltração é calculado pela equação da ASTM C1701 (ASTM, 2017):

$$I = \frac{M \cdot K}{(D^2 \cdot t)} \tag{3}$$

Em que:

I = Coeficiente de infiltração (mm/h);

M = Massa de água infiltrada (kg);

D = Diâmetro interno do cilindro (mm);

t = Tempo de infiltração (s);

K = 4.583.666.000 (S.I) constante de conversão, conforme especificada pela norma.

Além do ensaio de infiltração, foram realizados testes complementares para avaliar a permeabilidade por massa seca e a perda de umidade ao longo do tempo. Esses procedimentos permitem correlacionar a capacidade de infiltração com a variação da umidade do material ao longo do tempo, fornecendo informações importantes para manutenção, durabilidade e desempenho hidráulico do pavimento.

O ensaio de massa seca constituiu em coletar 6 amostras representativas do pavimento (Figura 43), medir suas dimensões (Figura 44), em seguida, secar as amostras em estufa a 105 ± 5°C durante 24h (Figura 45). Após o resfriamento, as amostras foram pesadas para determinar a massa seca (Figura 46), logo após, foram submersas em meio aquoso durante 24h (Figura 47) e logo após a retirada foram novamente pesadas (Figura 48), para obter a quantidade de água absorvida pela amostra.

Figura 43 - Amostras coletadas

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 44 - Medição das dimensões das amostras

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 45 - Amostras na estufa a 105 ± 5°C

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 46 - Pesagem das amostras para determinação da massa seca

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 47 - Amostras submersas em meio aquoso

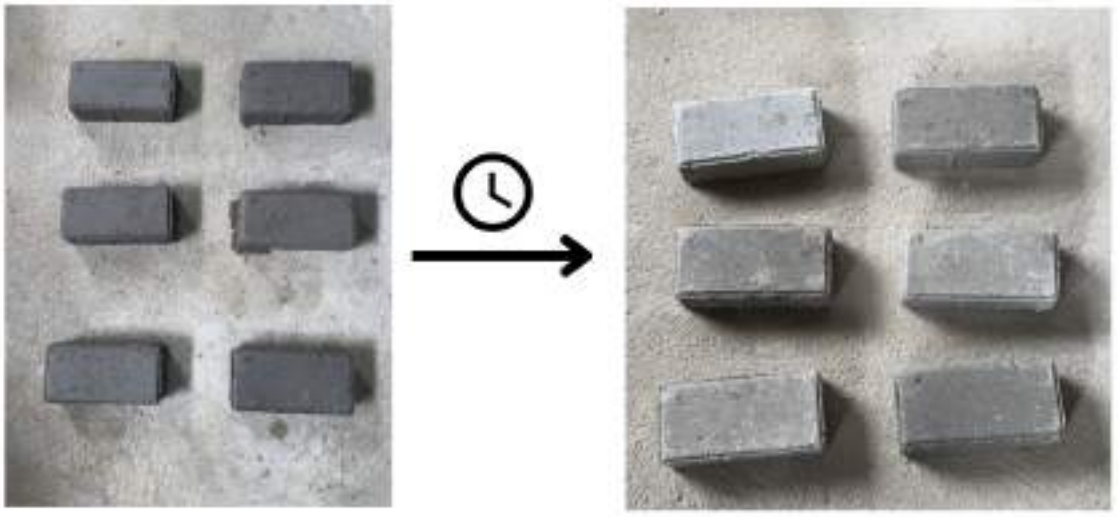
Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 48 - Pesagem das amostras para determinar a absorção de água

Fonte: Acervo pessoal (2025)

O ensaio de perda de umidade avaliou a variação do conteúdo de água das amostras ao longo do tempo. Para isso, as amostras foram expostas em condições de ar livre (Figura 49), e pesadas em 5 intervalos iniciais de 20 minutos e 1 intervalo de 24h. A perda de umidade foi calculada a partir da diferença entre a massa inicial e a massa em cada instante. Esses dados possibilitaram analisar a taxa de secagem do pavimento e relacioná-la com sua capacidade de infiltração ao longo do tempo.

Figura 49 - Amostras expostas



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Esses métodos, em conjunto, permitem não apenas a avaliação inicial do pavimento permeável, mas também o monitoramento contínuo de sua eficiência, podendo ser utilizados para definir estratégias de limpeza, manutenção e melhorias futuras.

4.3 Economicidade

Os custos iniciais de implantação foram calculados a partir dos parâmetros disponibilizados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Também foi estimado o custo de manutenção ao longo da vida útil de cada pavimento, tomando-se como base os respectivos manuais técnicos. A partir desses levantamentos, definiu-se um fator de retorno do investimento, expresso em função do custo por metro quadrado de cada pavimento analisado.

Para a análise comparativa dos custos de implantação e manutenção dos diferentes tipos de pavimentos urbanos, utilizaram-se como referência os valores fornecidos pelo SINAPI, específicos para o estado da Paraíba, correspondentes aos meses de março, abril e maio de 2025. Foram considerados os valores não desonerados, isto é, sem aplicação da desoneração da folha de pagamento, de forma a representar os custos efetivos em contratações públicas que não adotam esse regime fiscal (Figura 50).

Figura 50 - Tabela de composição de Custo - SINAPI

CAIXA SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil Página: 323 / 404

RELATÓRIO DE CUSTOS DE COMPOSIÇÕES | Encargos sociais SEM desoneração: Horista: **113,60%** Mensalista: **69,85%** | Mês de Referência: **05/2025**

Localidade: **JOAO PESSOA - PB** | Encargos sociais COM desoneração: Horista: **91,01%** Mensalista: **51,84%** | Data de emissão: **10/06/2025**

Código	Descrição da Composição	Unid.	Custo Total (R$)			
			SEM desoneração	%&S	COM desoneração	%&S
92397	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM. AF_10/2022	M2	68,33	0%	67,49	0%
94992	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO. AF_08/2022	M2	74,03	35%	72,66	35%
101169	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PARALELEPÍPEDOS, REJUNTAMENTO COM ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA). AF_05/2020	M2	84,65	7%	83,79	7%

Fonte: CAIXA, adaptado pelo autor (2025)

Os códigos do SINAPI selecionados para a obtenção dos custos unitários por metro quadrado de implantação foram:

a) Pavimento de concreto moldado in loco: Código 94992;
b) Pavimento de paralelepípedo: Código 101169;
c) Pavimento de bloco intertravado de concreto: Código 92397.

A coleta de dados contemplou todos os itens necessários à execução de cada

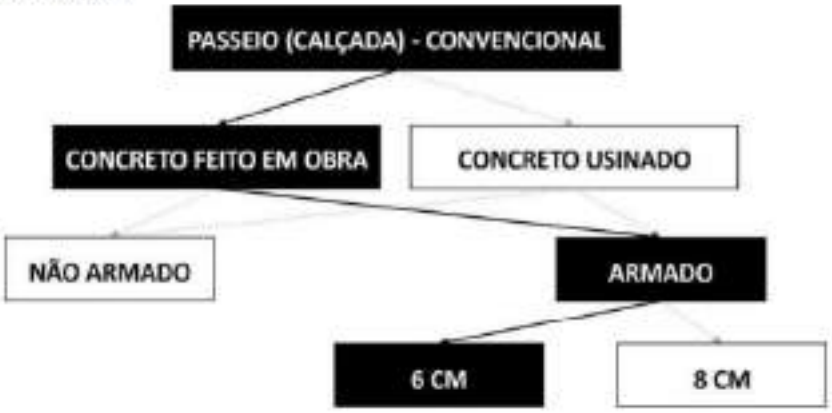
pavimento, incluindo materiais, mão de obra, equipamentos e encargos sociais (Figura 51, 52 e 53). Para garantir maior estabilidade e confiabilidade na estimativa, foi utilizada a média aritmética dos valores registrados nos três meses analisados, resultando no custo inicial de implantação por metro quadrado.

Figura 51 - Descrição da Composição SINAPI CÓD. 94992

Código	Descrição Composição	Unid.
94992	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO. AF_08/2022	M2

Macroclasse.classe.grupo	Vigência	Atualização	Situação
03.PISO PASS.002/01	07/2016	23/08/2022	ATIVO

1. ÁRVORE DE FATORES



2. ITENS DA COMPOSIÇÃO

Tipo	Código	Descrição	Und.	Coef.
C	94964	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	0,0739
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2459
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1483
C	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0976
I	7156	TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-196, (3,11 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO = 5,0 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	1,0816
I	5068	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA 17 X 21 (2 X 11)	KG	0,024
I	4517	SARRAFO *2,5 X 7,5* CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	0,45

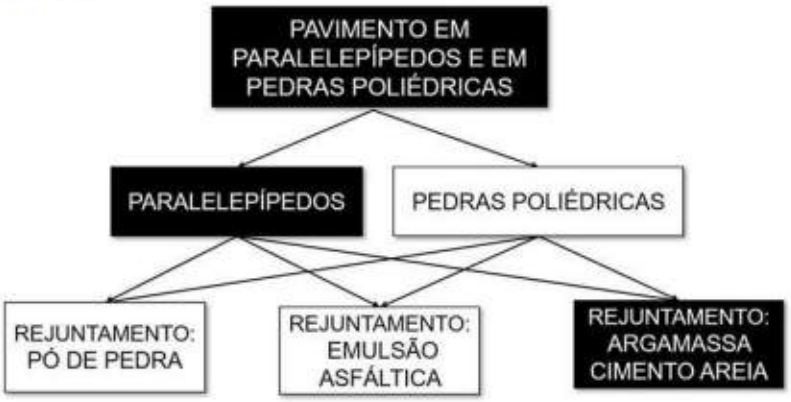
Fonte: Caderno Técnico de Composições SINAPI (2025)

Figura 52 - Descrição da Composição SINAPI CÓD. 101169

Código	Descrição Composição	Unid.
101169	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PARALELEPÍPEDOS, REJUNTAMENTO COM ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA). AF_05/2020	M2

Macroclasse.classe.grupo	Vigência	Atualização	Situação
03.PAVI.DIVE.003/01	05/2020	28/05/2020	ATIVO

1. ÁRVORE DE FATORES



2. ITENS DA COMPOSIÇÃO

Tipo	Código	Descrição	Und.	Coef.
C	88628	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	M3	0,0204
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4021
C	88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4021
C	5685	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,1309
C	5684	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0031
I	4385	PARALELEPIPEDO GRANITICO OU BASALTICO, PARA PAVIMENTACAO, SEM FRETE (VARIACAO REGIONAL DE PECAS POR M2)	MIL	0,033
I	367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,114

Fonte: Caderno Técnico de Composições SINAPI (2025)

Figura 53 - Descrição da Composição SINAPI CÓD. 92397

Código	Descrição Composição	Unid.
92397	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM. AF_10/2022	M2

Macroclasse.classe.grupo	Vigência	Atualização	Situação
03.PAVI.INTE.018/01	12/2015	28/10/2022	ATIVO

1. ÁRVORE DE FATORES

2. ITENS DA COMPOSIÇÃO

Tipo	Código	Descrição	Und.	Coef.
C	91285	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,097
C	91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0038
C	91278	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0967
C	91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0041
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2015
C	88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2015
I	36155	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, *20 X 10* CM, E = 6 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA, COR NATURAL	M2	1,0041
I	4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,0098
I	370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,0568

Fonte: Caderno Técnico de Composições SINAPI (2025)

Na sequência, realizou-se a estimativa dos custos de manutenção ao longo da vida útil de cada tipologia de pavimento. Nesta etapa, consideram-se como parâmetros principais: o intervalo de manutenção, a vida útil projetada e o custo acumulado ao longo do ciclo de vida. Com base nesses dados, calculou-se o custo total de manutenção por metro quadrado.

Por fim, foi estabelecido o Fator de Retorno de Investimento (FRI), obtido pela razão

entre a soma do custo de implantação e o custo total de manutenção, dividida pela vida útil do pavimento. A expressão utilizada foi:

$$FRI = \frac{C_{implantação} + C_{manutenção\ total}}{vida\ útil\ (\ anos\ )} \quad (4)$$

Esse fator serviu como indicador de viabilidade econômica, possibilitando a comparação direta entre os três tipos de pavimento, a partir do custo médio anual por metro quadrado. Dessa forma, a análise buscou orientar escolhas técnicas e econômicas mais eficientes e sustentáveis para projetos de infraestrutura urbana.

4.4 Conforto térmico

A avaliação do conforto térmico no Parque Linear Parahyba II foi realizada por meio do monitoramento da temperatura superficial dos diferentes tipos de pavimento presentes na área de estudo. As medições foram efetuadas com o uso de um termômetro infravermelho do tipo laser modelo LASERGRIP GM400 (Figura 54), o qual possibilitou aferições precisas sem contato direto com a superfície.

Figura 54 - LASERGRIP GM400

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Paralelamente, foram coletados dados referentes às condições climáticas gerais do parque, incluindo temperatura do ar, precipitação, direção e intensidade do vento, sensação térmica, índice ultravioleta (UV) e umidade relativa. Essas informações foram obtidas por meio do aplicativo Tempo (Apple), que reúne dados meteorológicos provenientes de instituições reconhecidas internacionalmente, como: Australian Government Bureau of Meteorology, BreezoMeterr, CMA Public Meteorological Service Centre, Deutscher Wetterdienst, Environment and Climate Change Canada, EUMETNET - MeteoAlarm, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), India Meteorological Department, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Japan Meteorological Agency, National Weather Service/National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), QWeather, Servicio Meteorológico Nacional, Thai Meteorological Department, The Met Office e The Weather Channel (Figura 55 e 56).

Figura 55 - Aplicativo “Tempo”

Fonte: Apple, adaptado pelo autor (2025)

Figura 56 - Mapeamento da temperatura e ventilação

Fonte: Apple, adaptado pelo autor (2025)

As aferições da temperatura superficial (Figura 57) foram realizadas em três horários distintos (9h, 13h e 18h), representando, respectivamente, os períodos da manhã, tarde e noite. Em seguida, os resultados foram comparados entre os diferentes tipos de pavimento e analisados em relação às condições de conforto térmico humano, de modo a verificar a influência dos materiais empregados no microclima urbano do parque.

Figura 57 - Aferição da temperatura superficial

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Como parâmetro de comparação, foi considerada a Zona de Conforto Térmico (Thermal Comfort Zone – TCZ) proposta por Gagge et al. (1969), que estabelece uma faixa de temperatura ambiente confortável entre 27,5 °C e 32,3 °C, correspondente a uma temperatura média da pele entre 31,5 °C e 35,5 °C. Dessa forma, os valores de temperatura superficial que ficaram abaixo de 27,5 °C ou acima de 32,3 °C foram classificados como potencialmente desconfortáveis, enquanto aqueles que permaneceram dentro da faixa indicaram condições mais favoráveis ao conforto térmico humano.

4.5 Análise de dados

Com base nos dados obtidos para cada tipo de pavimento, realizou-se uma análise comparativa para identificar aquele que apresentou o melhor desempenho em cada parâmetro avaliado. Adicionalmente, verificou-se se a aplicação de cada pavimento no local estava em conformidade com as especificações previstas e por fim, será preenchida a tabela de desempenho por parâmetro na sequência hierárquica dos pavimentos, que está ilustrada a seguir.

Tabela 7 - Tabela comparativa de desempenho por parâmetro

DESEMPENHO POR PARÂMETRO			
1º / 2º / 3º	**INTERTRAVADO**	**CONCRETO**	**PARALELO**
PERMEABILIDADE	?	?	?
CONFORTO TÉRMICO	?	?	?
ECONOMICIDADE	?	?	?

Fonte: Autoria própria (2025)

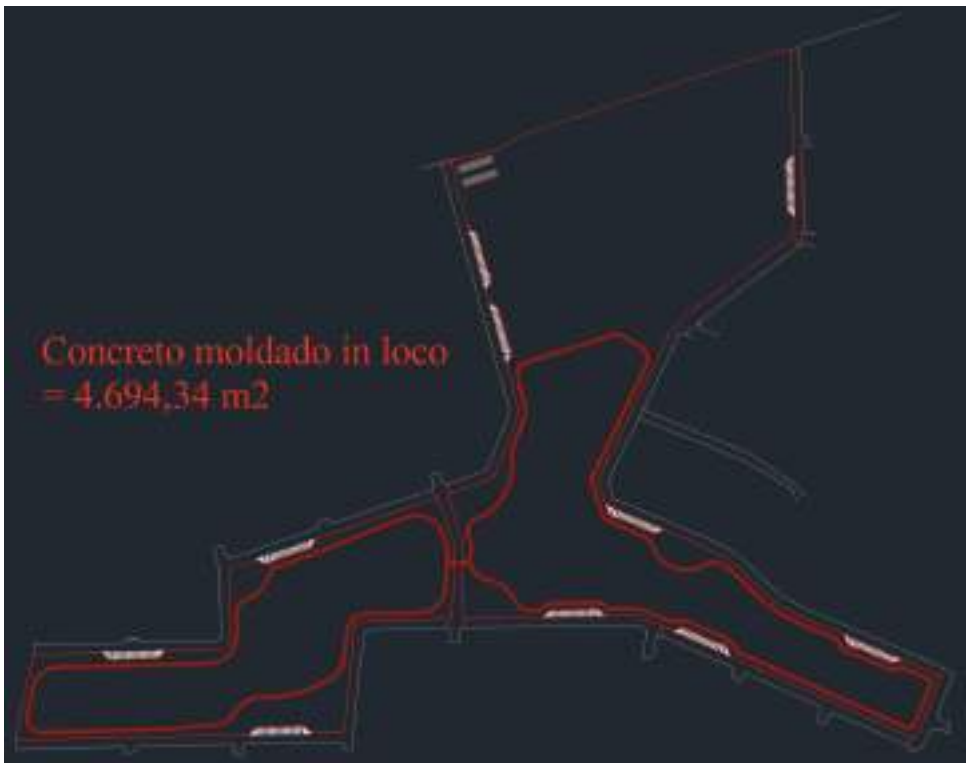
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Funcionalidade e área de ocupação dos tipos de pavimentos

A análise realizada no Parque Linear Parahyba II, por meio do software AutoCAD e de visitas técnicas in loco, possibilitou a identificação e quantificação das áreas ocupadas pelos diferentes tipos de pavimentos existentes. Como objetivo específico, buscou-se caracterizar a funcionalidade e a área de ocupação de cada tipologia de pavimento presente no espaço estudado.

O pavimento de concreto moldado in loco tem como principal funcionalidade o uso em ciclovias, abrangendo uma área de 4.694,34 m², distribuída ao longo de toda a extensão do parque (Figura 58).

Figura 58 - Área total de concreto moldado in loco



Fonte: Autoria própria (2025)

O pavimento em paralelepípedo desempenha a função de via de circulação para veículos leves e pesados, além de áreas de estacionamento, ocupando uma área total de 20.302,99 m², localizada no contorno do parque (Figura 59).

Figura 59 - Área total de paralelepípedo

Fonte: Autoria própria (2025)

Já o pavimento intertravado apresenta finalidade mista, sendo empregado tanto em áreas de estacionamento quanto em calçadas, com uma área de 10.135,38 m², também distribuída em diferentes setores do parque (Figura 60).

Figura 60 - Área total de intertravado

Fonte: Autoria própria (2025)

De forma comparativa, observa-se que o paralelepípedo é o pavimento com maior representatividade na área total do parque, seguido pelo intertravado e, por fim, pelo concreto moldado in loco (Figura 61). Cabe destacar, ainda, o elevado volume de granito necessário para a execução do pavimento em paralelepípedo de aproximadamente 6.768 m³, bem como a relevância do pavimento intertravado como alternativa sustentável, uma vez que sua adoção pode contribuir para a redução da extração de recursos naturais e, consequentemente, da degradação de jazidas de pedra.

Figura 61 - Área de todos os pavimentos

Fonte: Autoria própria (2025)

5.2 Desempenho de permeabilidade

A avaliação da permeabilidade dos pavimentos no Parque Linear Parahyba II foi conduzida por meio do ensaio de infiltração, conforme os procedimentos estabelecidos na norma americana ASTM C1701. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico para identificar os métodos mais adequados à determinação da taxa de infiltração em pavimentos permeáveis. Em virtude de dificuldades técnicas relacionadas ao uso de sensores hidrostáticos, optou-se pela aplicação do referido ensaio, no qual a água é aplicada sobre a

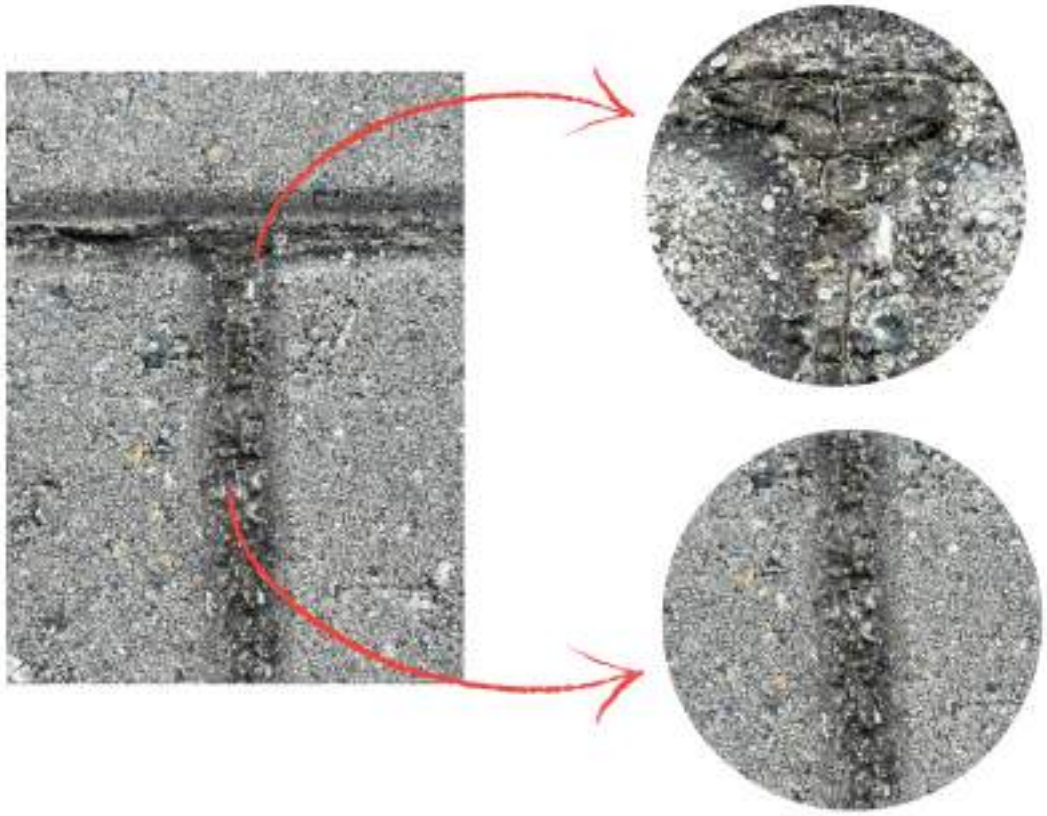
superfície, mantendo-se uma carga hidráulica constante entre 10 e 15 mm, a fim de assegurar reprodutibilidade e comparabilidade dos resultados.

No entanto, os resultados obtidos foram insatisfatórios, uma vez que não houve infiltração significativa nos diferentes tipos de pavimentos avaliados (Figura 62). Tal desempenho pode ser explicado por fatores relacionados às condições de manutenção e às características construtivas de cada material. No caso do pavimento intertravado, observou-se que as juntas estavam seladas, impedindo a passagem da água para as camadas inferiores (Figura 63). Para o pavimento em concreto moldado in loco, a superfície encontrava-se recoberta por tinta, que atuou como uma camada de impermeabilização, reduzindo totalmente sua capacidade de infiltração (Figura 64). Já o pavimento em paralelepípedo, por ser constituído de blocos de rocha natural, não apresentou comportamento permeável, uma vez que a água não consegue percolar pela pedra (Figura 65).

Figura 62 - Acúmulo de água nos pavimentos

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 63 - Juntas seladas do intertravado



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 64 - Tinta no concreto

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 65 - Bloco de paralelo

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Cabe destacar que a literatura e normas internacionais apontam taxas médias de infiltração bastante superiores às condições encontradas neste estudo. De acordo com a própria ASTM C1701 (2017), pavimentos permeáveis bem executados podem apresentar taxas de infiltração superiores a 250 mm/h, podendo alcançar até 3.500 mm/h em casos de blocos intertravados novos ou com manutenção adequada. De forma semelhante, a ABNT NBR 16416 (2015), que trata do dimensionamento de pavimentos permeáveis no Brasil, adota valores mínimos de 100 mm/h para considerar um pavimento funcional em termos de drenagem.

Dessa forma, ao se comparar os resultados obtidos no Parque Linear Parahyba II (com ausência total de infiltração) com os valores de referência apresentados em norma, observa-se um desempenho muito aquém do esperado. Isso evidencia que, nas condições atuais, os pavimentos analisados não cumprem satisfatoriamente a função de promover a infiltração da água pluvial, comprometendo seu potencial de contribuição para a drenagem urbana sustentável. A tabela 8 resume os dados obtidos no ensaio:

Tabela 8 - Dados do ensaio de infiltração

Tipo de Pavimento	Taxa obtida (mm/h)	Valores de referência (ASTM 1701 e NBR 16416)
Intertravado	0	250 a 3500 mm/h
Paralelepipedo	0	Praticamente nula (não classificado como permeável)
Concreto moldado in loco	0	≥ 100 mm/h (quando projetado como permeável)

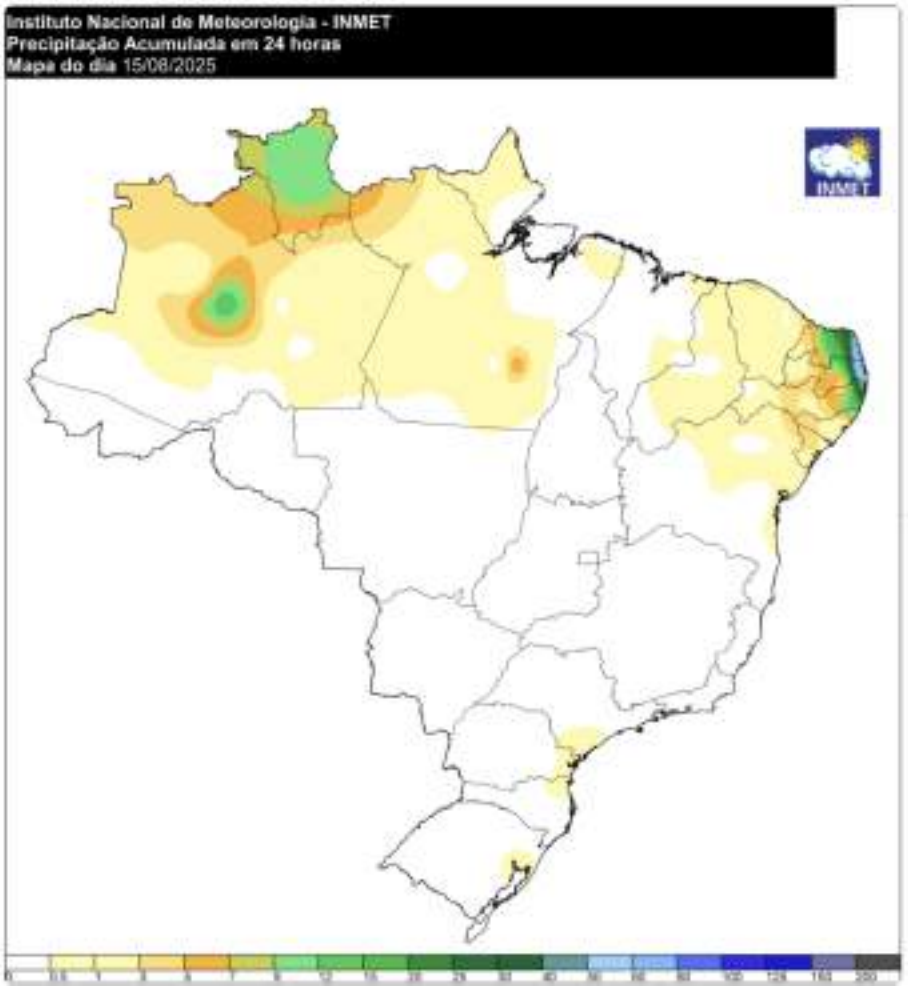
Fonte: Autoria própria (2025), com base em ASTM C1701 (2017) e ABNT NBR 16416 (2015).

Com base nos resultados obtidos, é importante relacionar a baixa capacidade de infiltração dos pavimentos às consequências práticas observadas no Parque Linear Parahyba II. No dia 15 de agosto de 2025, foram registrados episódios de alagamento em praticamente toda a extensão do parque (Figura 66), em decorrência de um evento pluviométrico extemporâneo intenso. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nesse dia, a cidade de João Pessoa recebeu aproximadamente 218 mm de chuva em 24 horas (Figura 67), volume que ocasionou inundações ao longo das margens do córrego do Rio Jaguaribe (Figura 68). Observou-se que, mesmo após 24 horas do término das chuvas, embora o nível da água tenha diminuído, ainda era possível identificar áreas com resquícios de alagamento (Figura 69).

Figura 66 - Alagamentos no parque

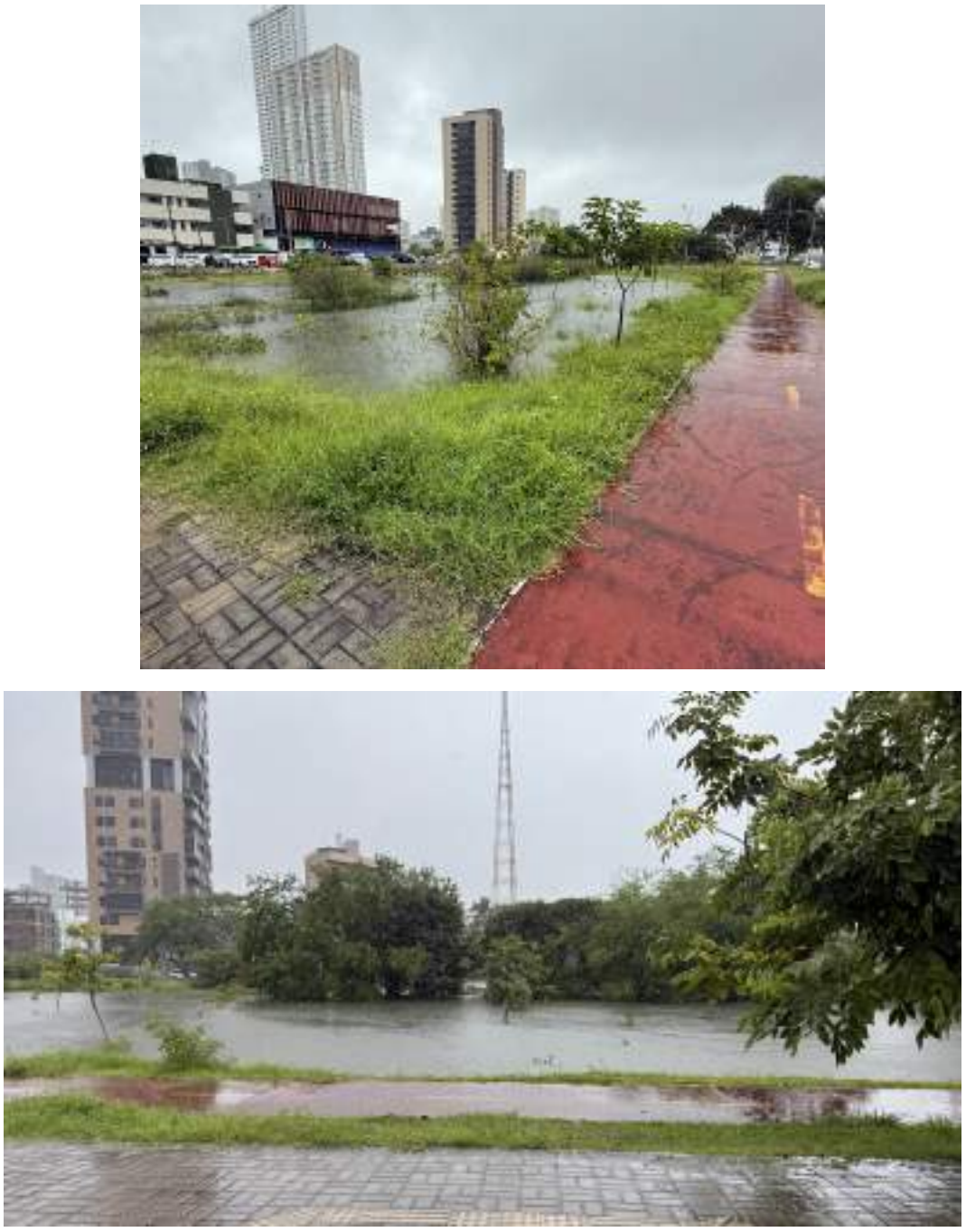
Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 67 - Mapa pluviométrico do INMET do Brasil em 15/08/2025



Fonte: INMET (2025)

Figura 68 - Inundação ao longo do Rio Jaguaribe



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 69 - Resquícios de alagamento no parque

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Em todos os pavimentos analisados verificou-se acúmulo superficial de água, formando uma película visível (Figura 70). Naturalmente, parte do escoamento concentrou-se no leito do rio, entretanto, não ocorreu drenagem eficiente para evitar danos ao parque. Isso se deve, em parte, à presença de resíduos sólidos, que obstruíram os bueiros e comprometeram o escoamento natural do talvegue. Nesse contexto, os pavimentos atuaram como verdadeiras calhas de transporte da água pluvial (Figura 71), comportamento inadequado especialmente no caso do pavimento intertravado, que, por sua natureza construtiva, deveria funcionar como um pavimento permeável.

Figura 70 - Película de água nos pavimentos

Fonte: Acervo pessoal

Figura 71 - Escoamento superficial

Fonte: Acervo pessoal (2025)

Diante do desempenho insatisfatório nos ensaios de infiltração, foi conduzido um ensaio complementar de massa seca e perda de umidade em blocos de pavimento intertravado, justamente por ser o material que, teoricamente, deveria apresentar o maior índice de infiltração. Foram selecionados seis blocos como amostra, com o objetivo de comprovar que o material apresenta porosidade e potencial de infiltração intrínseco, ainda que tal característica não tenha se manifestado nas condições reais do parque, possivelmente em função de falhas de manutenção e da selagem das juntas. As tabelas 9, 10, 11 e os gráficos 1 e 2 apresentam o resultado dos dois ensaios complementares de forma resumida:

Tabela 9 - Resultado dos ensaios de massa seca e perda de umidade

1 DIA NA ESTUFA 105,5ºC		00:00 h	00:15 h	00:30 h	00:45 h	01:00 h	24:00 h
CP	**SECO (g)**	**SATURADO / 10:45 (g)**	**11:05:00 (g)**	**11:25:00 (g)**	**11:45:00 (g)**	**12:05:00 (g)**	**1 DIA (g)**
1	2102,4	2211,3	2210,4	2209,3	2208,7	2207,9	2184,1
2	2223,2	2352	2350,6	2349,8	2349	2348,1	2319,4
3	2166,2	2289	2287,6	2286,6	2285,6	2284,7	2253,9
4	2170,1	2337,7	2337,1	2333,8	2332,8	2330,7	2281,5
5	2283,5	2417,8	2416,3	2415,2	2414,1	2413,4	2382,8
6	2074,7	2203,4	2202,3	2201,1	2200,1	2199,3	2167,7

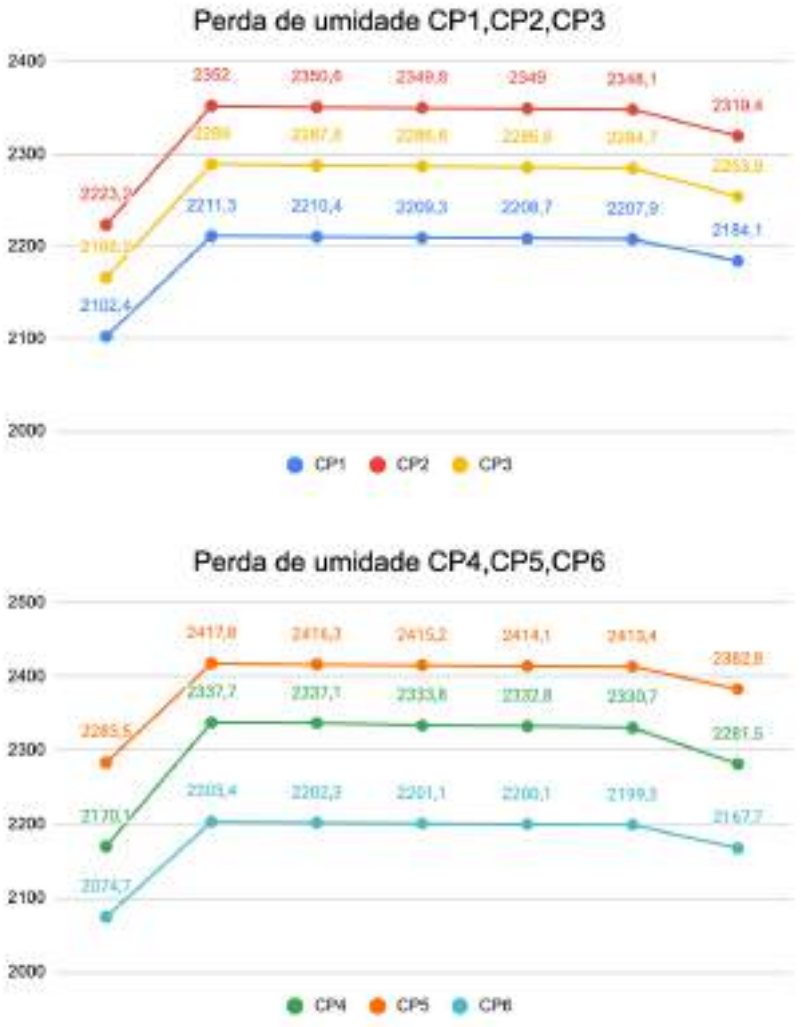
Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 10 - Umidade absorvida pelas amostras

UMIDADE ABSORVIDA (g)	
CP1	108,9
CP2	128,8
CP3	122,8
CP4	167,6
CP5	134,3
CP6	128,7

Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 1 e 2 - Curva de perda de umidade das amostras



Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 11 - Umidade perdida em 1 dia

UMIDADE PERDIDA EM 1 DIA (g)	
CP1	27,2
CP2	32,6
CP3	35,1
CP4	56,2
CP5	35
CP6	35,7

Fonte: Autoria própria (2025)

Portanto, os resultados do ensaio de massa seca e perda de umidade confirmaram a porosidade intrínseca do bloco intertravado, evidenciando sua capacidade de absorção e liberação de água. As seis amostras analisadas (CP1 a CP6) apresentaram valores de absorção de 108,9 g; 128,8 g; 122,8 g; 167,6 g; 134,3 g e 128,7 g, respectivamente. Durante o ensaio de exposição por 24 horas, essas mesmas amostras perderam 27,2 g; 32,6 g; 35,1 g; 56,2 g; 35,0 g e 35,7 g de água. Esses resultados demonstram que em média, os blocos apresentaram alta capacidade de absorção (131,85 g ± 19,55 g) e perda significativa de água (36,97 g ± 9,93 g) embora no campo o desempenho do pavimento intertravado tenha sido comprometido por fatores de manutenção e selagem das juntas, o material possui estrutura interna porosa capaz de reter e liberar água, característica fundamental para sua classificação como pavimento permeável.

5.3 Desempenho de conforto térmico

A análise do conforto térmico dos diferentes tipos de pavimentos e da vegetação no Parque Linear Parahyba II permitiu avaliar o comportamento das superfícies em diferentes horários do dia (09h00, 13h00 e 18h00). Como parâmetro de comparação, considerou-se a Zona de Conforto Térmico (Thermal Comfort Zone – TCZ) estabelecida por Gagge et al. (1969), que define como intervalo confortável as temperaturas superficiais entre 27,5 °C e 32,3 °C, associadas a uma temperatura média da pele entre 31,5 °C e 35,5 °C. Valores acima ou abaixo dessa faixa são classificados como potencialmente desconfortáveis. A tabela 12, apresenta os valores observados nas medições ao decorrer do dia:

Tabela 12 - Dados de temperatura das medições realizadas

TEMPERATURAS SUPERFICIAIS					
Pavimentos às 09:00	**Setor 1 ºC**	**Setor 2 ºC**	**Setor 3 ºC**	**Setor 4 ºC**	**MÉDIA**
Intertravado	41	37,2	35,9	32,4	36,63
Paralelo	36,9	34,8	34,5	28,8	33,75
Concreto	39,4	40,9	34	31,2	36,38
Pavimentos às 13:00	**Setor 1 ºC**	**Setor 2 ºC**	**Setor 3 ºC**	**Setor 4 ºC**	**MÉDIA**
Intertravado	49,6	44,1	42,1	41,1	44,23
Paralelo	45,7	41,3	40,9	36,8	41,18
Concreto	49,6	45,3	36,1	40,9	42,98
Pavimentos às 18:00	**Setor 1 ºC**	**Setor 2 ºC**	**Setor 3 ºC**	**Setor 4 ºC**	**MÉDIA**
Intertravado	30,1	26,7	27,7	29,1	28,40
Paralelo	29,2	26,3	24,5	29,3	27,33
Concreto	30,6	27,5	26,7	30,7	28,88

Fonte: Autoria própria (2025)

No período da manhã (09h00), todos os pavimentos apresentaram temperaturas médias superiores ao limite superior da faixa de conforto térmico, sendo o pavimento intertravado o mais aquecido, com 36,63 °C, seguido do concreto (36,38 °C) e do paralelepípedo (33,75 °C).

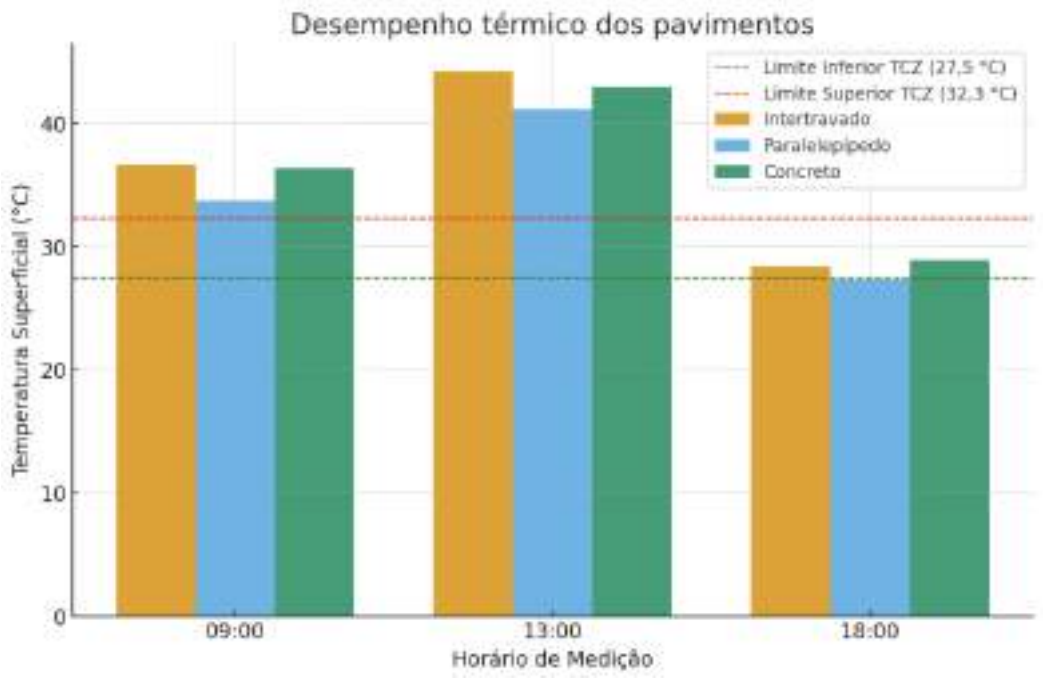
No horário de maior insolação (13h00), verificou-se um aumento expressivo das temperaturas superficiais dos pavimentos, reforçando seu papel como potenciais fontes de desconforto térmico. O pavimento intertravado atingiu 44,23 °C, o concreto 42,98 °C e o paralelepípedo 41,18 °C, valores bastante superiores à faixa de conforto.

Já no período da noite (18h00), ocorreu uma redução geral das temperaturas superficiais, com os pavimentos intertravado (28,40 °C), paralelepípedo (27,33 °C) e concreto (28,88 °C) apresentando valores próximos ao limite inferior da faixa de conforto térmico.

De forma geral, os resultados evidenciam que os pavimentos rígidos (intertravado, concreto e paralelepípedo) apresentam desempenho térmico desfavorável durante os períodos de maior insolação, ultrapassando significativamente os limites superiores da zona de

conforto determinado por Gagge et al. (1969). O gráfico 3 apresenta o resumo dos resultados obtidos:

Gráfico 3 - Variação de temperatura dos pavimentos X Faixa de conforto térmico



Fonte: Autoria própria (2025)

Os resultados observados podem ser explicados por uma combinação de fatores ambientais e características construtivas dos materiais. A incidência direta da radiação solar sobre as superfícies pavimentadas, especialmente no período da tarde, contribuiu para o aumento expressivo das temperaturas, uma vez que materiais como o concreto e o intertravado possuem alta capacidade de absorção e retenção de calor. O pavimento intertravado apresentou o maior aquecimento (44,23 °C às 13h00), seguido pelo concreto (42,98 °C) e pelo paralelepípedo (41,18 °C), diferença que pode estar associada tanto à coloração mais clara e textura do paralelepípedo, que favorecem maior reflexão da radiação, quanto à maior condutividade térmica do concreto e do intertravado. Além disso, a presença de edificações no entorno do parque pode ter influenciado a ventilação local, reduzindo o resfriamento convectivo dos pavimentos e intensificando a retenção de calor.

5.4 Desempenho de economicidade

No que se refere à economicidade dos pavimentos, a análise dos preços médios praticados na Paraíba pelo SINAPI (2025) para os meses de março, abril e maio indica valores de R$ 65,16/m² para o pavimento intertravado, R$ 74,42/m² para o pavimento de concreto moldado in loco e R$ 84,98/m² para o pavimento em paralelepípedo. Esses dados demonstram que, no cenário atual, o pavimento intertravado representa a opção de menor custo inicial de implantação, seguido pelo concreto moldado in loco e, por último, pelo paralelepípedo, que apresentou o maior valor por metro quadrado (Tabela 13).

Tabela 13 - Preço médio SINAPI dos pavimentos

		R$/m²	R$/m²	R$/m²	R$/m²
PAVIMENTO	**CÓD. SINAPI**	**março/25**	**abril/25**	**maio/25**	**MÉDIA**
Concreto	94992	74,93	74,32	74,02	74,42
Paralelo	101169	85,15	85,15	84,65	84,98
Intertravado	92397	63,63	63,63	68,23	65,16

Fonte: Autoria própria (2025)

Entretanto, além do custo inicial, é necessário considerar o comportamento dos pavimentos em relação à manutenção ao longo da vida útil. O pavimento intertravado, segundo Brasil Escola (2018) e Empresas City (2020), apresenta manutenção relativamente simples, restrita à substituição de peças quebradas e à reposição de areia nas juntas, o que representa de 5% a 10% do valor inicial em um período de 20 anos. Já o pavimento de paralelepípedo, embora possua elevada durabilidade, frequentemente superior a duas décadas, requer intervenções ocasionais de realinhamento e substituição de pedras, o que pode gerar custos de manutenção equivalentes a 10% a 15% do investimento inicial (Habitissimo, 2022). Por sua vez, o pavimento de concreto moldado in loco, apesar de apresentar custo inicial intermediário, tende a demandar gastos muito reduzidos com manutenção (2% a 5% em 20 anos), concentrando-se em reparos pontuais e selagem de juntas (ABCP, 2020; Cimento Itambé, 2019) (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo dos custos dos pavimentos

PAVIMENTO	Custo inicial (R$/m²)	Custo de Manutenção em 20 anos (%)
Intertravado	65,16	5% a 10%
Concreto	74,42	2% a 5%
Paralelo	84,98	10% a 15%

Fonte: Autoria própria (2025)

Com isso, é possível calcular o Fator de Retorno de Investimento (FRI), obtido pela razão entre a soma do custo de implantação e o custo total de manutenção, dividida pela vida útil do pavimento (Tabela 15), o que resulta em quanto o pavimento custa por ano, por metro quadrado, considerando implantação + manutenção.

Tabela 15 - Fator de Retorno de Investimento - FRI

PAVIMENTO	Custo inicial (R$/m²)	Custo de Manutenção em 20 anos (R$/m²)	FRI
Intertravado	65,16	6,52	**3,58**
Concreto	74,42	3,74	**3,91**
Paralelo	84,98	12,75	**4,89**

Fonte: Autoria própria (2025)

A análise econômica dos três tipos de pavimento evidencia diferenças significativas no fator de retorno de investimento (FRI). O pavimento intertravado apresentou o melhor desempenho, com um custo médio anual de aproximadamente R$ 3,58/m².ano, resultado da combinação entre baixo custo inicial e manutenção simples e pouco onerosa. O concreto moldado in loco, por sua vez, apresentou custo ligeiramente superior, em torno de R$ 3,91/m².ano, destacando-se pela baixa necessidade de intervenções ao longo da vida útil, embora possua implantação inicial mais elevada. Já o pavimento de paralelepípedo revelou-se o menos vantajoso economicamente, alcançando R$ 4,89/m².ano, devido ao maior custo inicial e à manutenção proporcionalmente mais significativa. Dessa forma, conclui-se que, sob a perspectiva da economicidade, o pavimento intertravado representa a alternativa mais eficiente, seguido do concreto moldado in loco, enquanto o paralelepípedo, apesar de sua durabilidade, demonstra menor viabilidade em termos de custo-benefício no horizonte de 20 anos analisado.

5.5 Tabela resumo de ranqueamento por parâmetro

A Tabela a seguir apresenta o ranqueamento dos pavimentos (paralelepípedo, concreto e intertravado), com base nos parâmetros de permeabilidade, economicidade e conforto térmico, considerando os resultados obtidos nos ensaios da pesquisa.

No parâmetro de economicidade, observou-se que o pavimento intertravado apresentou o menor custo de implantação e manutenção, seguido pelo pavimento de concreto e, posteriormente, pelo paralelepípedo. Esses resultados corroboram os apontamentos de estudos como os da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2019), que destacam o intertravado como uma alternativa competitiva em termos de custo-benefício para áreas urbanas.

Em relação ao conforto térmico, verificou-se que o paralelepípedo apresentou menores valores de absorção térmica, posicionando-se como o mais eficiente nesse aspecto, seguido pelo concreto e, por último, pelo intertravado. Tal comportamento está em consonância com pesquisas como as de Gagge et al. (1969), que associam materiais com menor capacidade de retenção de calor a condições mais favoráveis de conforto térmico.

Quanto à permeabilidade, embora os ensaios tenham indicado o mesmo valor entre os três tipos de pavimento, destaca-se que o intertravado, por sua porosidade, apresenta melhor capacidade de absorção, seguido pelo concreto e pelo paralelepípedo. Esse resultado reforça a literatura técnica (DNIT, 2006; ABCP, 2019), que evidencia o desempenho superior do pavimento intertravado na drenagem de águas pluviais e sua contribuição para a mitigação de alagamentos em áreas urbanas.

Tabela 16 - Ranqueamento dos pavimentos por parâmetro

DESEMPENHO POR PARÂMETRO			
1º / 2º / 3º	**INTERTRAVADO**	**CONCRETO**	**PARALELO**
PERMEABILIDADE	1º	2º	3º
CONFORTO TÉRMICO	3º	2º	1º
ECONOMICIDADE	1º	2º	3º

Fonte: Autoria própria (2025)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar comparativamente o desempenho de três tipos de pavimentos empregados no Parque Linear Parahyba II – intertravado, paralelepípedo e concreto moldado in loco – a partir dos parâmetros de economicidade, conforto térmico e permeabilidade. O objetivo foi identificar como cada solução responde às demandas funcionais e ambientais de espaços públicos urbanos, permitindo subsidiar futuras escolhas técnicas em projetos de mobilidade e lazer.

No aspecto de economicidade, o pavimento intertravado destacou-se ao apresentar menor custo médio de implantação e manutenção, configurando-se como uma alternativa eficiente do ponto de vista orçamentário. Em contrapartida, o pavimento em concreto moldado in loco apresentou custos mais elevados, enquanto o paralelepípedo apresentou valores intermediários. Já em relação ao conforto térmico, os resultados apontaram o paralelepípedo como a solução mais eficiente, uma vez que registrou temperaturas superficiais menores, contribuindo para a redução da absorção de calor e proporcionando melhores condições de uso para pedestres e ciclistas. O concreto e o intertravado, por sua vez, apresentaram temperaturas mais elevadas, tornando-se menos favoráveis em ambientes onde o conforto térmico deve ser priorizado. No critério de permeabilidade, todos os pavimentos apresentaram baixo desempenho, não atendendo de forma satisfatória ao papel de favorecer a infiltração da água no solo. Essa limitação indica a necessidade de manutenção periódica e de integração com sistemas complementares de drenagem urbana sustentável, sobretudo no caso do intertravado, que em teoria deveria apresentar melhor resposta hidráulica.

A análise comparativa entre os três tipos evidencia que não existe um pavimento que apresenta simultaneamente os melhores resultados em todos os parâmetros estudados. O intertravado demonstrou superioridade econômica, o paralelepípedo destacou-se no conforto térmico e o concreto mostrou-se funcionalmente mais adequado em áreas específicas, como ciclovias. Essa diversidade de desempenhos reforça que a escolha do pavimento não deve se basear apenas em um critério isolado, mas sim em uma visão integrada que considere aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

É importante destacar que, embora o pavimento intertravado tenha se sobressaído em termos de economicidade, sua adoção exclusiva não é recomendada. A priorização apenas do menor custo pode comprometer a eficiência ambiental e o conforto térmico do espaço, além de gerar problemas relacionados à drenagem urbana. Do mesmo modo, optar apenas pelo

paralelepípedo em razão de seu melhor desempenho térmico poderia resultar em maiores custos de implantação e manutenção, o que inviabilizaria sua aplicação em larga escala. O concreto, apesar de funcional para algumas situações, apresenta limitações quando analisado de forma comparativa.

Portanto, o estudo demonstra que a definição do tipo de pavimento deve ser orientada pela compatibilização entre as demandas locais e os objetivos do projeto urbano. Em áreas de alta circulação de pedestres, por exemplo, o conforto térmico deve ser priorizado, já em locais onde a restrição orçamentária é significativa, a economicidade ganha maior peso, e em regiões sujeitas a alagamentos, a permeabilidade e a drenagem devem orientar a decisão.

Conclui-se que não existe um pavimento “ideal” em termos absolutos, mas sim soluções que podem ser mais ou menos adequadas dependendo do contexto em que são aplicadas. O principal ensinamento deste trabalho é que a adoção de pavimentos urbanos deve ser resultado de uma análise multidimensional, que não apenas compare custos, mas também avalie impactos ambientais, conforto da população usuária e condições de manutenção. Essa perspectiva crítica e integrada é fundamental para a elaboração de políticas públicas mais sustentáveis, capazes de transformar os espaços urbanos em ambientes acessíveis, resilientes e alinhados às necessidades da coletividade.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **AASHTO guide for design of pavement structures.** Washington, D.C.: AASHTO, 1993.

ABCP. **Aplicações do cimento de Portland.** São Paulo: ABCP, 2009. Disponível em: https://abcp.org.br/cimento/aplicacoes-do-cimento/. Acesso em: 15 ago. 2025.

ABCP. **BT-135: construção de pavimentos de blocos de concreto.** 4. ed. São Paulo: ABCP, 1999a. 40 p.

ABCP. **ET-27: pavimentação com peças pré-moldadas de concreto.** 4. ed. São Paulo: ABCP, 1999b.

ABCP. **Manual de Pavimento Intertravado.** São Paulo: ABCP, 2010.

ABCP. **Pavimento de concreto: durabilidade e menor custo de manutenção têm sido diferenciais para as rodovias brasileiras.** 2020. Disponível em: https://abcp.org.br/pavimento-de-concreto-durabilidade-e-menor-custo-de-manutencao-tem-sido-diferenciais-para-as-rodovias-brasileiras/ . Acesso em: 15 ago. 2025.

ABCP. **Pavimentação: execução peça a peça.** PIV 01-V3, versão 3.0, set. 2004.

ABNT. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. **NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. **NBR 9780: peças de concreto para pavimentação – método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987a.

ABNT. **NBR 9781: peças de concreto para pavimentação – especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABI-ACKEL, E.; GODINHO, D. P.; GROSSI, L. C.; VIEIRA, J. M. F. S. **O pavimento intertravado de Brumadinho/MG.** In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA DA ABPv, 10., 2000, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: ABPv, 2000. p. 1-20.

ABREU, Rafael Silva Andrade de; MIRANDA, Thiago Variz. **O uso do pavimento permeável como medida auxiliar na drenagem das cidades.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 5, n. 4, p. 52-74, abr. 2020.

VEIGA, Fabiane Paschoal da; KUHN, Eva Diuliana da Costa; NORBACK, Carine. **Pavimento de concreto.** Revista Interdisciplinar de Ensino Pesquisa e Extensão, v. 8, n. 1, p. 95-105, 2020.

ACIOLI, A. L. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2005.

ARAUJO, Letícia; RODRIGUES, Maria. **A relação entre os princípios da eficiência e da economicidade nos contratos administrativos.** 2012. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/1821/1/A%20rela%C3%A7%C3%A3o%20entre%20os%20princ%C3%ADpios%20da%20efici%C3%AAncia%20e%20da%20economicidade%20nos%20contratos%20administrativos.pdf . Acesso em: 27 fev. 2025.

ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDEFUM J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRG. PortoAlegre, 1999.

ARCOVAN. **Como fazer a manutenção correta de pisos intertravados.** 2023. Disponível em: https://arcovan.com.br/como-fazer-a-manutencao-correta-de-pisos-intertravados/ . Acesso em: 15 ago. 2025.

ANSI/ASHRAE Addendum d to ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Peachtree Corners, GA: ASHRAE, 2020. Disponível em: https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/55_2017_d_20200731.pdf . Acesso em: 27 fev. 2025.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1701/C1701M-17a: Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete.** West Conshohocken: ASTM International, 2017.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto Permeáveis: uma visão ambiental da tecnologia sustentável emergente.** Oficina de Textos, 2020. 175 p.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de concreto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 472 p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Compensatory techniques in urban drainage (Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana)**, Brazilian Association of Water Resources. Porto Alegre, 2005.

BARBOSA, L. C. **Potencialidades dos parques lineares na recuperação de áreas de fundos de vale.** 2010. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008.

BORGES, R. de C. **Integração do Córrego Lagoinha Com o Parque Linear Santa Luzia e a Comunidade em Uberlândia – MG.** Dissertação (Dissertação em Geografia) – UFU. Uberlândia/MG, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Artigo 70 da Constituição Federal de 1988.** Disponível em: https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10631436/artigo-70-da-constituicao-federal-de-1988 . Acesso em: 22 fev. 2025.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Dispõe sobre o Código Florestal Federal. Disponível em: https://www.mma.gov.br . Acesso em: 18 fev. 2025.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: https://www.senado.gov.br . Acesso em: 18 fev. 2025.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei n. 6.938, de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: https://www.mma.gov.br . Acesso em: 18 fev. 2025.

BRASIL ESCOLA. **Pavimentos de blocos de concreto pré-moldados intertravados.** 2018. Disponível em: https://monografias.brasilescola.uol.com.br/engenharia/pavimentos-blocos-concreto-pre-moldados-intertravados.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. **Lei Complementar n. 166, de 2024.** Dispõe sobre a Lei de Uso e Ocupação do Solo - LUOS. Disponível em: https://planodiretor.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/LC-166-2024-Lei-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-LUOS-versao-D.O.pdf . Acesso em: 25 fev. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construções sustentáveis: diretrizes e práticas para edificações e cidades sustentáveis.** Disponível em: https://www.mma.gov.br . Acesso em: 18 fev. 2025.

SILVA, Bruno Mattos e. **Direito Administrativo para Concursos.** 2. ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2008.

CABRAL, Antonio. **Utilização e limitações no uso de agregados reciclados de RCC em pavimentos intertravados.** 2017. Disponível em: https://www.cidades.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/05/Eduardo-Cabral.pdf . Acesso em: 25 fev. 2025.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI.** Brasília, 2025. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/sinapi . Acesso em: 15 ago. 2025.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988. Disponível em: https://engenhariacivilfsp.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/05/mecanica-solos-fundamentos-vol1-6ed-caputo.pdf . Acesso em : 07 ago. 2025.

CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pavimento e concreto: reduzido a custo social.** São Paulo, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 2007. Disponível em: https://viasconcretas.org.br/wp-content/uploads/2013/02/2007_Artigo_Pavimento-de-concreto_Reduzindo-o-custo-social.pdf . Acesso em: 08 ago. 2025.

Chattin, B. **"Ultra-thins' becoming popular"; Building with concrete, DJC Special Publication**, 1997. Disponível em: http://www.djc.com/special/concrete/10003370.htm . Acesso em: 25 fev. 2025.

CHERNICHARO, Carlos A. de L.; NASCIMENTO, Norma O.; ANDRADE NETO, Cícero de O. **Práticas de manejo e conservação das águas pluviais urbanas.** Belo Horizonte: Prosab, 2007.

CIMENTO ITAMBÉ. **Pavimento de concreto também requer manutenção.** 2019. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-de-concreto-tambem-requer-manutencao/. Acesso em: 15 ago. 2025.

Combate ao calor: como os blocos em concreto e outras iniciativas têm reduzido a sensação térmica em Fortaleza. Prefeitura de Fortaleza, 27 set. 2023. Disponível em: https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/combate-ao-calor-como-os-blocos-em-concreto-e-outras-iniciativas-tem-reduzido-a-sensacao-termica-em-fortaleza . Acesso em: 08 ago. 2025.

Como cidades do Ceará combatem o calor pavimentando ruas com concreto. Terra, 13 jan. 2025. Disponível em: https://www.terra.com.br/byte/ciencia/como-cidades-do-ceara-combatem-o-calor-pavimentando-ruas-com-concreto,1af09fafd0f8dc40173207a646ee3e026wgt79qt.html . Acesso em: 5 fev. 2025.

COUTINHO, Artur Paiva. **Pavimento permeável como técnica compensatória na drenagem urbana da cidade do Recife.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, 2011.

DA SILVA, Geovany JA; ROMERO, Marta AB. **Urbanismo sustentável no Brasil e a construção de cidades para o novo milênio.** Perspectivas, São Paulo, p. 1-11, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marta-Romero-2/publication/343167328_URBANISMO_SUSTENTAVEL_NO_BRASIL_E_A_CONSTRUCAO_DE_CIDADES_PARA_O_NOVO_MILENIO/links/5f19f16092851cd5fa41fe83/URBANISMO-SUSTENTAVEL-NO-BRASIL-E-A-CONSTRUCAO-DE-CIDADES-PARA-O-NOVO-MILENIO.pdf Acesso: 5 fev. 2025.

DA SILVA, José Eudes Marinho; CARNEIRO, Luiz Antonio Vieira. Pavimentos de Concreto: histórico, tipos e modelos de fadiga. 2014. Disponível : https://web.archive.org/web/20180410011341id_/http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_tri_2014/RMCT_012_E2C_11.pdf . Acesso em: 11 ago. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Pavimentos Rígidos.** 2ª edição. Publicação IPR – 714: Rio de Janeiro, RJ, 2005. 234 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **DNIT 068/2004 – Pavimento Rígido – Execução de camada superposta de concreto do tipo whitetopping por meio mecânico – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2004, 17p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_068_2004_es.pdf . Acesso em: 13 ago. 2025.

DOWSON, A.J. **Back-to-basics measuring the progress of understanding of over 35 years of the use of concrete block paving in the UK.** 9th International Conference on Concrete Block Paving. Buenos Aires, 2009. Disponível em:

http://www.sept.org/techpapers/to-delete/Back-to-basics---measuring-the-progress-of-understanding-of-over-35-years-of-the-use-of-concrete-block-paving-in-the-United-Kingdom.pdf . Acesso em: 13 ago. 2025.

EMPRESAS CITY. **Como os pisos intertravados minimizam os custos de manutenção.** 2020. Disponível em: https://www.empresascity.com.br/como-os-pisos-intertravados-minimizam-os-custos-de-manutencao/. Acesso em: 20 ago. 2025.

FABIO, Cardoso. **Parque Linear Parahyba II será inaugurado nesta sexta-feira.** Turismo em Foco, João Pessoa, 15 mar. 2018. Disponível em: https://turismoemfoco.com.br/v1/2018/03/15/parque-linear-parahyba-ii-sera-inaugurado-nesta-sexta-feira/ . Acesso em: 12 fev. 2025.

FADIGAS, Leonel. **La estructura verde en el proceso de planificación urbana.** Ciudades, n. 12, p. 33–47, 2009.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering.** New York: McGraw, 1970.

FERGUSON, Bruce K. **Porous pavements.** Boca Raton: CRC Press, 2005. Disponível em: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781420038439_A25120404/preview-9781420038439_A25120404.pdf . Acesso em: 15 fev. 2025

FERREIRA, Liz Ivanda Evangelista Pires. Parque urbano. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, Brasil, n. 23, p. 20–33, 2007. Disponível em: https://revistas.usp.br/paam/article/view/86866. Acesso em: 12 ago. 2025.

FITZ, L.; HAYNES, R.; WILLIAMS, D. **Cost and benefit analysis of permeable pavements in water sustainability.** 2015. Disponível em: https://watermanagement.ucdavis.edu/application/files/5414/3891/2393/A03_Terhell_Cai_Chiu_Murphy_ESM121_FinalReport.pdf . Acesso em: 25 fev. 2025.

FRIEDRICH, Daniela. **O parque linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas.** 2007. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13175/000641441.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Acesso em: 25 fev. 2025.

GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; SALTIN, B. **Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures.** Environmental Research, v. 2, n. 3, p. 209-229, 1969. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0013935169900371. Acesso em: 27 fev. 2025.

GARANITO, Paula Verônica Antunes. **O papel dos parques lineares urbanos para a sustentabilidade das cidades.** 2023. Tese de Doutorado. [sn].

GODINHO, Dalter. **Pavimento intertravado: uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade.** 2009. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/MMMD-8PDFFY . Acesso em: 27 fev. 2025.

GOMES JÚNIOR, Humberto A.. Vigas Protendidas: Estudo da Norma e Modelagem com Auxílio de Programa de Análise Comercial. Rio de Janeiro, UFRJ, 2009. Monografia de Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9684/1/monopoli10007004.pdf . Acesso em: 13 ago. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Paralelepípedos e Alvenaria Poliédrica.** Curitiba: s.n., 1983. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2025-07/paralelepipedos_mineropar.pdf . Acesso em: 13 ago. 2025.

HABITISSIMO**. Orçamentos de pavimentação.** 2022. Disponível em: https://www.habitissimo.com.br/orcamentos/pavimentacao . Acesso em: 20 ago. 2025.

Hawbaker, L. **Summary report of UTW in North America 1988-1995**; National Ready Mix Concrete

Association & American Concrete Pavement Association, 1996.

HIRASHIMA, S. Q. S. **Percepção Sonora e Térmica e Avaliação de Conforto em Espaços Urbanos Abertos do Município de Belo Horizonte - MG, Brasil.** São Paulo, 2014. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

HÖPPE, Peter. **The physiological equivalent temperature–a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment.** International Journal of Biometeorology, v. 43, p. 71-75, 1999.

HUNT, W.F.; COLLINS, K.A. (2008) **Permeable Pavement: Research Update and Design Implications.** Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service. 12 p. Disponível em: https://nacto.org/docs/usdg/urban_waterways_permeable_pavement_hunt.pdf. Acesso em: 12 fev. 2025.

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE - ICPI. **Glossary of terms for segmental concrete pavement,** ICPI Tech Spec nº 1, Chantilly, 2006. Disponível em: https://www.castleliteblock.com/green/documents/Segmental%20Concrete%20Pavers%20Glossary%20-%20Tech%20Spec%201%20.pdf?srsltid=AfmBOooYBZnb0pihazGNhnnL3FB-I57g7jb9PCJo9_xunmekpXULTjq3 . Acesso em: 12 ago. 2025.

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE - ICPI. **Application guide for interlocking concrete pavements**, ICPI Tech Spec nº10, Chantilly, 2021. Disponível em: https://images.thdstatic.com/catalog/pdfImages/9b/9bd64158-3fcc-4d0e-a70c-132350410bbf.pdf . Acesso em: 12 ago. 2025.

ISO 7730:2005 **– Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.** Geneva: ISO, 2005.

JOÃO PESSOA. **Lei Complementar nº 164, de 11 de janeiro de 2024**. Aprova a revisão do Plano Diretor Participativo do Município de João Pessoa e dá outras providências. João Pessoa: Diário Oficial, 11 de janeiro de 2024. Disponível em: https://www.joaopessoa.pb.gov.br/doe-jp/edicao-444-2024-suplemento/ . Acesso em: 12 ago. 2025.

JOÃO PESSOA. Secretaria do Planejamento. **Plano Diretor da cidade de João Pessoa**. João Pessoa, 1994.

Kraft, S. C., & Gomes, G. F. M. (n.d.). **Análise da tipologia dos parques** (pp. 1–13). Disponível em: http://www.cic.fio.edu.br/anaisCIC/anais2017/pdf/03_33.pdf . Acesso em: 12 ago. 2025.

KINGMA, B. R.; FRIJNS, A. J.; SCHELLEN, L.; VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D. **Beyond the classic thermoneutral zone: including thermal comfort.** Temperature (Austin), v. 1, n. 2, p. 142-149, 2014. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4977175/?utm_source=chatgpt.com . Acesso em: 12 ago. 2025.

LAMBERTS, Roberto et al. **Conforto e stress térmico**. LabEEE, UFSC, p. 2008-2018, 2011. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf . Acesso em: 27 fev. 2025.

LIRAA, Eduardo S.; BARBIRATOB, João Carlos C.; LAGES, Eduardo N. **Contribuição ao projeto otimizado de pavimentos de concreto simples.** Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/113257585/8651-Texto_do_artigo-16981-1-10-20211031-libre.pdf?1712916801=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DContribuicao_ao_projeto_otimizado_de_pav.pdf&Expires=1755135919&Signature=DyPwXt9XYEaFwQaAkWMyG3c7Uy~SKrdINKXjn4nDchgm8NO5UJAvmbQoxTAeB38Z~mNqEMyOcM8t3F1kIHn08XR-b1CSW7QHkHrW7O~SlhGj3wTrikGM95tCw65e7IiqdlOElOAnd90EWGug9i4otYtz3qDf8oSSuqg9Mjdrzgv-8XEaMSrBJBmVvSQ7j33MYRlDjGDPTucOatktcY7lPSVai7eIWjmjCoOqOogkpJqf7kzclmUbNEzMF0l~uJDjlguMLx8J9D2V8IvdAZaz~NEZqfZG9vm5VBXsGVjHHYpmaVS7IwRJo8KQf49RVwJDMbgkz8S9gfRST7wHP-FHdw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA . Acesso em: 12 ago. 2025.

LUCENA, Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes. **Uma proposta de manual para avaliação das condições de superfície de pavimentos com revestimento de paralelepípedo e estradas vicinais de vias urbanas.** 2006. 67

f. Relatório de Estágio em Engenharia Civil – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/23105. Acesso em: 12 ago. 2025.

MARCHIONI, M.; SILVA, L. C. P. **Avaliação da capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis utilizando método da ASTM C1701.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO MEIO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2011, Foz do Iguaçu. Porto Alegre: ANTAC, 2011. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/00c2c9477d71ef26586cfb7d515210f3_409a1e4cdbb0c38f992600fb58623b25.pdf . Acesso em: 21 mai. 2025.

MASSAD, F. **Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MATZARAKIS A, RUTZ F, MAYER H. **Modelling radiation Fluxes in Simple and Complex Environments: application of the RayMan model.** International Journal of Biometeorology, v. 51, p. 323-334, 2007.

MEDEIROS, José Marcelo Martins. **Parques lineares ao longo de corpos hídricos urbanos: conflitos e possibilidades; o caso da orla do lago Paranoá-DF.** 2016. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/21465?locale=es . Acesso em: 25 fev. 2025.

MEDEIROS, Sofia Nobrega Fernandes de. **Vivendo o espaço e desvendando o lugar: uma análise espacial das percepções do Parque Parahyba II**, João Pessoa-PB. 2024. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/34633 . Acesso em: 08 ago. 2025.

NIEHUNS ANTUNES, Lucas; GHISI, Enedir; CARLOS SOUZA, João. **Aproveitamento de água pluvial captada de um pavimento permeável para utilização no sistema de hidrantes e em usos não potáveis de uma edificação.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 2., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI: 10.46421/ispred.v2i.1156. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/ispred/article/view/1156 . Acesso em: 5 fev. 2025.

OLIVEIRA, Carlos Henke de. **Environmental planning on São Carlos City (São Paulo State: Brazil) with emphasis on the public and green areas: diagnosis and purposes.** 1996. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/items/6d230327-a5cd-42e2-8771-2b34f84fe5de . Acesso em: 12 ago. 2025.

PEQUENO, Anna Beatriz Tavares da Silva. **Avaliação do padrão ocupacional em parques urbanos da cidade de João Pessoa: Parque Sólon de Lucena e Parque Linear Parahyba.** 2023. Disponível em: https://repositorio.utad.pt/entities/publication/564849e2-e6d3-4d62-be95-3f1e4398c275 . Acesso em: 12 ago. 2025.

PITTA, M. R. **Whitetopping – A evolução de um conceito.** In: Congresso Brasileiro de Cimento, 4., 1996, São Paulo.

PMJP – Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Cartilha do PDMJP – Revisão do Plano Diretor de João Pessoa e legislações complementares.** João Pessoa, 2023. 14 p.

PMJP - Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Filipéia** – Mapas da cidade. Disponível em: filipeia.joaopessoa.pb.gov.br. Acesso em: 08 ago. 2025.

PRONTOMIX. **Limpeza e manutenção do pavimento intertravado.** 2021. Disponível em: https://www.prontomix.com.br/post/limpeza-e-manuten%C3%A7%C3%A3o-do-pavimento-intertravado . Acesso em: 15 ago. 2025.

SANTOS, Altair. **Pavimento de concreto pré-fabricado padroniza rodovias.** Cimento Itambé, 2017. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-concreto-pre-fabricado/ . Acesso em: 13 ago. 2025.

SANTOS, Mateus Berwaldt. **Utilização de concreto protendido em pavimentos portuários.** 2015. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado em Engenharia Oceânica). Rio Grande–RS. 2015, 163p. Disponível em: https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000011410.pdf . Acesso em: 12 ago. 2025.

Senço, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação: volume 1**, 2ª edição, São Paulo: PINI, 2007.

SHACKEL, B. T**he objective selection of concrete block paving for engineering projects,** 8th International Conference on Concrete Block Paving. San Francisco, 2006.

SHUKLA, P. R. et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems.** 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf . Acesso em: 5 fev. 2025.

SILVA, Eric Ribeiro da. **Análise do comportamento estrutural e funcional de um pavimento experimental com blocos pré-moldados de concreto.** 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-18012017-154950/en.php . Acesso em: 12 ago. 2025.

SILVA, Fernando B.. **Piso de Concreto Protendido:** Processo de Construção de Piso de Concreto Protendido. Téchne, São Paulo, ed. 176, nov. 2011.

Silva, J. E. M.; Carneiro, L. A. V. **Pavimentos de concreto: histórico, tipos e modelos de fadiga.** Revista Militar de Ciência e Tecnologia, v. XXXI, 3º trimestre, p. 14-33, 2014.

SOUSA, Leonardo Guimarães de. **As vantagens da utilização do método whitetopping na recuperação de pavimentos flexíveis deteriorados.** 2018. Disponível em: http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/bitstream/fieb/1783/1/ARTIGO_LEONARDO%20GUIMAR%c3%83ES%20DE%20SOUSA.pdf . Acesso em: 13 ago. 2025.

SUPLAN. **Parque Linear Parahyba - Arquitetura, Urbanismo e Acessibilidade.** João Pessoa, PB, 9 out. 2018. Disponível em: https://suplan.pb.gov.br/noticias/parque-linear-parahyba-arquitetura-urbanismo-e-acessibilidade. Acesso em: 12 fev. 2025.

SUPLAN - Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado da Paraíba. **Obras do Parque Linear Parahyba IV Seguem Avançando em João Pessoa.** João Pessoa, PB, 18 nov. 2022. Disponível em: https://suplan.pb.gov.br/noticias/obras-do-parque-linear-parahyba-iv-seguem-avancando-em-joao-pessoa Acesso em: 12 fev. 2025.

SUPLAN - Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado da Paraíba. **Projeto Arquitetônico do Parque Parahyba II.** 2018. Planta de equipamentos e detalhamento do anfiteatro. 3 arquivos dwg, 1 prancha técnica pdf**.**

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; KABBACH, Felipe Issa Kabbach Júnior. **Drenagem subsuperficial de pavimentos: conceitos e dimensionamento.** Oficina de 68 Textos. São Paulo, 2014. 1º edição.

TERZAGHI, K. and PECK, R. B. (1967). **Soil Mechanics in Engineering Practice,** 2nd edn.. John Wiley, New York, London, Sydney.

TUCCI, Carlos E. M. **Curso de Gestão das Inundações Urbanas.** Porto Alegre, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). ***Cartilha de ensaio de permeabilidade.*** Disponível em: https://geotecnia.ufba.br/arquivos/ensaios/Aula%20de%20Laboratorio%20-%20Roteiro%20-%20Permeabilidade.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

VALLEBLOCK. **Como realizar a manutenção e limpeza dos pisos intertravados.** 2015. Disponível em: https://www.valleblock.com.br/single-post/2015/06/20/Como-realizar-a-manuten%C3%A7%C3%A3o-e-limpeza-dos-pisos-intertravados/ . Acesso em: 15 ago. 2025.

VENTURINI, Jamila. **Logística Planejada**: Concretagem de Piso de Concreto Protendido de 7.488 m² sem Juntas Dura 14 Horas e Mobiliza Equipe de 50 Funcionários em Cabreúva (SP). Téchne, São Paulo, ed. 186, jun. 2012.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE – VDI. VDI 3787-2:2008 – **Environmental meteorology: Methods for the human-biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level.** Düsseldorf: VDI, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p

WILKEN, Pedro S. **Hidrologia aplicada ao saneamento básico.** São Paulo: CETESB, 1978. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/690905294/Paulo-Sampaio-Wilken . Acesso em: 12 fev. 2025.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Dados do APP “Tempo” às 09:00 horas

Fonte: Autoria própria (2025)

APÊNDICE B – Dados do APP “Tempo” às 13:00 horas

Fonte: Autoria própria (2025)

APÊNDICE C – Dados do APP “Tempo” às 18:00 horas

Fonte: Autoria própria (2025)

APÊNDICE D – Coleta de dados e imagens 15/08/2025

Fonte: Autoria própria (2025)

ANEXO

ANEXO A – Planta Baixa do Parque Linear Parahyba II

Fonte: SUPLAN (2018)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Matheus Palitot
Tipo do Documento:	Dissertação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Almeida Palitot**, **DISCENTE (202112220043) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - JOÃO PESSOA**, em 17/09/2025 16:51:19.

Este documento foi armazenado no SUAP em 17/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1612971
Código de Autenticação: 6d4098caa4