

**INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MATEUS BANDEIRA DOS SANTOS**

**COMPARAÇÃO ENTRE PAVIMENTAÇÃO COM PAVER INTERTRAVADO E  
ASFALTO: UMA ANÁLISE APLICADA AO CONDOMÍNIO QUINTAS DE SÃO  
JOSÉ DO RIO NEGRO, EM MANAUS**

MANAUS

2025

**MATEUS BANDEIRA DOS SANTOS**

**COMPARAÇÃO ENTRE PAVIMENTAÇÃO COM PAVER INTERTRAVADO E  
ASFALTO: UMA ANÁLISE APLICADA AO CONDOMÍNIO QUINTAS DE SÃO  
JOSÉ DO RIO NEGRO, EM MANAUS**

MANAUS

2024

**MATEUS BANDEIRA DOS SANTOS**

**Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro**

---

S237c Santos, Mateus Bandeira dos.

Comparação entre pavimentação com Paver intertravado e asfalto: uma análise aplicada ao condomínio Quintas de São José do Rio Negro, em Manaus / Mateus Bandeira dos Santos. – Manaus, 2025.

60 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2025.

Orientador: Prof. Me. Alberto Fábio da Silva Taveira.

1. Engenharia civil. 2. Pavimentação. 3. Sustentabilidade. 4. Pavimento flexível. I. Taveira, Alberto Fábio da Silva. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 625

## Resumo

A escolha do material para pavimentação é essencial em projetos urbanísticos, influenciando durabilidade, custo, estética e impacto ambiental. No Condomínio Quintas de São José do Rio Negro, em Manaus, as condições climáticas locais, como chuvas intensas e altas temperaturas, tornaram essa decisão ainda mais relevante. A análise comparativa entre paver intertravado e asfalto revelou vantagens e desvantagens de ambos os materiais. O paver intertravado destacou-se pela versatilidade, apelo estético, alta resistência e capacidade de drenagem pelas junções dos blocos, reduzindo o impacto das chuvas no sistema de drenagem. Já o asfalto mostrou maior capacidade para tráfego intenso, mas apresentou custos de manutenção mais elevados e menor sustentabilidade ambiental. Em regiões tropicais, o paver intertravado apresentou melhor desempenho frente às chuvas e ao calor, enquanto o asfalto sofreu maior desgaste, aumentando os custos e reduzindo sua vida útil. Do ponto de vista ambiental, o paver contribuiu para a recarga de lençóis freáticos e minimização de enchentes, ao passo que o asfalto, derivado do petróleo, gerou maior impacto ambiental. Economicamente, embora o paver tenha custo inicial mais alto, sua durabilidade e menor necessidade de manutenção o tornaram mais vantajoso a longo prazo. O asfalto, apesar de mais acessível inicialmente, demandou intervenções frequentes, elevando os custos ao longo do tempo. Concluiu-se que o paver intertravado é a solução ideal para atender às necessidades do condomínio, oferecendo equilíbrio entre aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

**Palavras-chave:** pavimentação. paver intertravado. sustentabilidade. pavimento flexível.

## **Abstract**

The choice of paving material is essential in urban projects, influencing durability, cost, aesthetics and environmental impact. At Condomínio Quintas de São José do Rio Negro, in Manaus, local weather conditions, such as intense rain and high temperatures, made this decision even more relevant. A comparative analysis between interlocking paver and asphalt revealed advantages and disadvantages of both materials. The interlocking paver stood out for its appearance, aesthetic appeal, high resistance and ability to move through the block joints, reducing the impact of rain on the drainage system. Asphalt showed greater capacity for intense traffic but presented higher maintenance costs and lower environmental sustainability. In tropical regions, interlocking pavement performed better against rain and heat, while asphalt suffered greater wear, increasing costs and damaging its useful life. From an environmental point of view, the paver contributed to recharging groundwater and minimizing flooding, while asphalt, derived from petroleum, generated a greater environmental impact. Economically, although paving has a higher initial cost, its durability and lower maintenance requirements make it more advantageous in the long term. Asphalt, despite being more accessible initially, required occasional interventions, increasing costs over time. It is concluded that the interlocking paver is the ideal solution to meet the needs of the condominium, offering a balance between technical, economic and environmental aspects.

**Keywords:** paving. interlocking paver. sustainability. flexible flooring.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>9</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	9
1.1.2 Objetivos Específicos.....	9
<b>2 Referencial Teórico .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Aspectos Técnicos .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Impacto Ambiental: Comparação entre Paver Intertravado e Asfalto .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Perspectiva Econômica: Comparação entre Paver Intertravado e Asfalto..</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Influência das Condições Climáticas na Durabilidade de Materiais de Pavimentação.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Preferências dos Usuários .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Capacidade de Suporte de Carga e Aplicações .....</b>	<b>24</b>
<b>2.7 Eficiência Hidrológica e Controle de Enchentes.....</b>	<b>25</b>
<b>2.8 Facilidade de Instalação e Tempo de Execução .....</b>	<b>27</b>
<b>2.9 Normas e Regulamentações Técnicas.....</b>	<b>29</b>
<b>2.10 Reabilitação e Reutilização de Materiais de Pavimentação .....</b>	<b>30</b>
<b>3 Metodologia.....</b>	<b>36</b>
<b>4 Resultados e Discussões .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Etapas de pavimentação .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2 Comparação entre paver intertravado e o asfalto.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3 Principais apontamentos.....</b>	<b>48</b>
<b>5 Conclusão .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A escolha do material para pavimentação é uma decisão crucial em projetos urbanísticos, influenciando diretamente aspectos como durabilidade, custo, estética e impacto ambiental. Em condomínios residenciais, como o Quintas de São José do Rio Negro, em Manaus, essa decisão torna-se ainda mais relevante, considerando as condições climáticas da região, que incluem alta incidência de chuvas e temperaturas elevadas. A comparação entre pavimentações em paver intertravado e asfalto representa uma análise essencial para embasar escolhas técnicas e econômicas adequadas (Souza *et al.*, 2022).

O paver intertravado, conhecido por sua versatilidade e apelo estético, é amplamente utilizado em espaços residenciais e comerciais. Suas características incluem alta resistência, fácil manutenção e a capacidade de absorver água, reduzindo o impacto das chuvas no sistema de drenagem (Moraes; Santos, 2021). Em contraposição, o asfalto é tradicionalmente escolhido para pavimentações viárias devido à sua maior capacidade de suporte para tráfego intenso, mas apresenta desvantagens como maior custo de manutenção e menor sustentabilidade ambiental (Costa; Ferreira, 2020).

Em regiões tropicais como Manaus, os desafios climáticos impactam diretamente o desempenho dos materiais de pavimentação. As chuvas intensas podem comprometer a integridade do asfalto, enquanto o paver intertravado oferece maior capacidade de drenagem (Almeida *et al.*, 2021). Além disso, o calor excessivo pode acelerar o desgaste do asfalto, aumentando os custos de manutenção e diminuindo sua vida útil. Nesse contexto, é fundamental analisar as condições específicas de uso para determinar a melhor solução (Silva; Oliveira, 2023).

Outro aspecto relevante na escolha da pavimentação é o impacto ambiental. O paver intertravado é considerado uma opção mais sustentável devido à sua permeabilidade, que contribui para a recarga de lençóis freáticos e minimiza enchentes (Lima; Barros, 2022). Por outro lado, a produção e aplicação de asfalto envolvem o uso de derivados de petróleo, resultando em maior emissão de gases de efeito estufa (Gonçalves *et al.*, 2021). Esses fatores ambientais são cruciais na análise de viabilidade em projetos modernos, que priorizam soluções ecologicamente responsáveis.

A perspectiva econômica também desempenha um papel determinante. Enquanto o custo inicial do paver intertravado pode ser maior, sua durabilidade e menor necessidade de manutenção podem torná-lo mais vantajoso a longo prazo (Santana; Pereira, 2020). O asfalto, embora mais barato na instalação inicial, pode exigir intervenções mais frequentes, aumentando os custos operacionais ao longo do tempo. Dessa forma, a análise financeira deve considerar tanto o custo de implementação quanto o de manutenção (Oliveira; Martins, 2023).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Comparar as pavimentações em paver intertravado e asfalto aplicadas ao Condomínio Quintas de São José do Rio Negro, em Manaus, com base nos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, visando embasar a tomada de decisões e contribuir para a qualidade de vida dos moradores.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analisar as características técnicas do paver intertravado e do asfalto, considerando durabilidade, manutenção e desempenho em condições climáticas tropicais;
- Identificar os impactos ambientais associados à produção, aplicação e desempenho de cada tipo de pavimentação;
- Avaliar os custos de instalação, manutenção e ciclo de vida de ambas as opções de pavimentação;

## **2 Referencial Teórico**

A pavimentação urbana desempenha um papel fundamental na infraestrutura das cidades, influenciando a mobilidade, o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Nesse contexto, a escolha adequada dos materiais de pavimentação é um desafio que demanda análises técnicas, ambientais, econômicas e sociais, especialmente em regiões com condições climáticas adversas, como Manaus (Lima; Barros, 2022).

O presente referencial teórico aborda os principais aspectos relacionados ao desempenho técnico, impacto ambiental, viabilidade econômica, influência das condições climáticas e preferências dos usuários ao se comparar dois materiais amplamente utilizados: o paver intertravado e o asfalto. Estudos recentes destacam que, enquanto o asfalto mantém sua predominância em vias de tráfego intenso, o paver tem se consolidado como uma alternativa sustentável e funcional em áreas urbanas (Almeida et al., 2021).

Além disso, a interação entre clima tropical e os materiais de pavimentação constitui um fator determinante para sua durabilidade e desempenho. Conforme Costa e Ferreira (2020), as condições de alta temperatura e precipitação impactam diretamente a vida útil do asfalto, ao passo que o paver apresenta maior resiliência, devido à sua permeabilidade e resistência estrutural. Assim, este referencial explora as características intrínsecas desses materiais, fornecendo uma base para sua análise comparativa em diferentes cenários.

Com base em um levantamento bibliográfico fundamentado em autores como Santos e Oliveira (2019), esta seção também discute as preferências dos usuários e os critérios econômicos que influenciam as decisões de pavimentação. O objetivo é oferecer uma visão abrangente e contextualizada sobre os fatores que moldam a escolha do material mais adequado para atender às demandas específicas de pavimentação em Manaus e outras regiões de clima semelhante.

### **2.1 Aspectos Técnicos**

O desempenho técnico dos materiais de pavimentação é determinado por características como durabilidade, resistência e necessidade de manutenção. Em regiões de clima tropical, como Manaus, essas propriedades tornam-se ainda mais relevantes devido às condições climáticas adversas. Segundo Moraes e Santos

(2021), o paver intertravado apresenta alta resistência a chuvas intensas e à variação de temperaturas, fatores comuns em áreas tropicais. Além disso, a durabilidade deste material é ampliada devido à sua estrutura permeável, que permite o escoamento eficiente da água pluvial, evitando o acúmulo de água nas vias e contribuindo para a preservação da infraestrutura urbana.

Por outro lado, o asfalto, amplamente utilizado em vias de tráfego intenso, apresenta limitações em regiões de alta temperatura. Estudos realizados por Costa e Ferreira (2020) indicam que o asfalto é suscetível a deformações causadas por calor extremo, resultando em maior necessidade de reparos. Essas deformações, conhecidas como trilhas de roda, reduzem significativamente a vida útil do pavimento e aumentam os custos operacionais associados, especialmente em locais com variações climáticas bruscas. A diminuição da resistência do asfalto sob essas condições torna seu uso menos eficiente e sustentável em longos períodos.

Outro aspecto técnico importante é a manutenção. O paver intertravado demanda menos intervenções, pois sua estrutura modular permite a substituição de peças individuais danificadas sem comprometer toda a pavimentação (Lima e Barros, 2022). Em contraste, o asfalto exige manutenção mais frequente e em maior escala, elevando os custos e o tempo de inatividade das vias (Oliveira e Martins, 2023). A flexibilidade do paver facilita a execução de reparos localizados, o que se traduz em menores impactos para o tráfego e um tempo de intervenção reduzido, além de menos geração de resíduos durante o processo de manutenção.

A resistência à compressão também favorece o uso do paver em áreas sujeitas a cargas dinâmicas menores, como condomínios e praças. Já o asfalto é preferido para vias públicas e rodovias devido à sua capacidade de suportar tráfego pesado, mesmo que isso signifique uma vida útil reduzida em condições tropicais extremas (Gonçalves et al., 2021). Embora o asfalto tenha um desempenho superior em termos de capacidade de carga imediata, sua durabilidade a longo prazo é comprometida em regiões com clima tropical, onde as condições de calor e umidade aceleram seu desgaste. Isso torna o paver uma escolha mais vantajosa em locais com tráfego moderado e variações climáticas significativas.

Por fim, aspectos técnicos devem ser analisados considerando o contexto climático de cada localidade. Almeida et al. (2021) afirmam que, em Manaus, as chuvas intensas e prolongadas afetam diretamente o desempenho do asfalto, enquanto o paver intertravado se destaca por sua resistência e capacidade de

minimizar danos estruturais causados pela água. Em regiões tropicais úmidas, a permeabilidade do paver facilita a drenagem eficiente, prevenindo alagamentos e reduzindo o risco de erosão, fatores comuns em áreas urbanas com infraestrutura inadequada. Assim, o paver apresenta vantagens técnicas significativas em regiões tropicais úmidas, oferecendo maior estabilidade e resistência à degradação por fatores climáticos.

## **2.2 Impacto Ambiental: Comparação entre Paver Intertravado e Asfalto**

O paver intertravado tem se destacado como uma alternativa sustentável em pavimentação devido à sua alta permeabilidade. Essa característica facilita a infiltração da água da chuva no solo, contribuindo para a recarga dos lençóis freáticos e a redução de enchentes em áreas urbanas. Segundo Lima e Barros (2022), além de seus benefícios ambientais, esse tipo de pavimento apresenta uma durabilidade superior e reduz a necessidade de manutenções frequentes, minimizando impactos econômicos e ambientais relacionados ao seu ciclo de vida.

Por outro lado, o uso do asfalto continua predominante em diversas regiões, apesar de seus impactos negativos reconhecidos. Gonçalves et al. (2021) destacam que a produção de asfalto envolve um elevado consumo de derivados de petróleo, resultando em emissões significativas de gases de efeito estufa. Esse processo também demanda uma grande quantidade de energia, agravando seu impacto ambiental global e contribuindo para o aquecimento global.

Uma vantagem adicional do paver intertravado é a possibilidade de reaproveitamento de materiais reciclados em sua fabricação. De acordo com Ribeiro e Costa (2023), resíduos da construção civil, como entulho, podem ser transformados em matéria-prima para a produção de blocos intertravados, promovendo a economia circular e reduzindo o descarte inadequado de resíduos. Além disso, sua instalação modular facilita reparos e substituições, diminuindo a geração de resíduos durante sua manutenção.

Em contrapartida, Santos e Oliveira (2019) observam que o asfalto possui uma infraestrutura de produção consolidada e, muitas vezes, mais acessível economicamente em curto prazo. No entanto, seus custos ambientais, como a impermeabilização do solo e a elevação das temperaturas urbanas, devido à absorção de calor, evidenciam suas limitações quando comparado ao paver intertravado. O paver também apresenta benefícios sociais e urbanos. Ferreira e Silva (2020) afirmam

que sua aplicação em calçadas e praças melhora o conforto térmico e visual das cidades, além de permitir uma maior acessibilidade e segurança para os pedestres. A permeabilidade do material ajuda a mitigar o efeito das ilhas de calor, um problema crescente em grandes metrópoles.

Dessa forma, as vantagens ambientais e funcionais do paver intertravado o colocam como uma solução mais sustentável para pavimentação, enquanto o asfalto, apesar de seu uso massivo, traz desafios significativos em termos de sustentabilidade. A transição para materiais mais ecológicos, como o paver, é essencial para reduzir o impacto ambiental de obras urbanas e enfrentar as mudanças climáticas, como destacam Almeida et al. (2021), ao reforçar a importância de políticas públicas que incentivem o uso de alternativas mais sustentáveis na construção civil.

A pavimentação é um elemento essencial para o planejamento urbano, sendo uma das principais áreas de discussão para engenheiros civis e gestores públicos. A escolha entre o uso de paver intertravado e asfalto deve considerar diversos aspectos técnicos, incluindo resistência mecânica, custo-benefício e impacto ambiental. Segundo Lopes et al. (2021), o paver intertravado apresenta maior capacidade de drenagem em comparação ao asfalto, sendo uma opção vantajosa para regiões com altos índices pluviométricos. Uma das vantagens do paver intertravado é sua facilidade de manutenção. De acordo com Silva e Costa (2020), é possível realizar reparos pontuais substituindo apenas as unidades danificadas, sem comprometer a integridade do pavimento. Por outro lado, o asfalto requer intervenções mais abrangentes, que frequentemente resultam em maiores custos e impactos negativos ao tráfego local.

A durabilidade também é um ponto crucial na comparação entre esses materiais. Mendes e Oliveira (2019) destacam que o paver intertravado tem uma vida útil maior em condições normais de uso, principalmente em locais com menor fluxo de veículos pesados. Em contraste, o asfalto tende a sofrer mais com fissuras e deformidades devido às altas temperaturas e ao peso excessivo. Em termos de sustentabilidade, o paver intertravado oferece benefícios significativos. Conforme estudos realizados por Pereira et al. (2022), esse material permite maior permeabilidade, contribuindo para a recarga de lençóis freáticos e reduzindo o escoamento superficial. Essa característica é especialmente relevante para o Condomínio Quintas de São José, no Rio Negro, uma área sujeita a enchentes.

No que se refere à aderência, o paver intertravado demonstra melhor desempenho em condições de chuva, reduzindo o risco de acidentes. Andrade et al. (2020) observaram que o coeficiente de atrito no paver intertravado é superior ao do asfalto, proporcionando maior segurança aos usuários, principalmente em trajetos inclinados. Outro aspecto relevante é o custo inicial de implantação. Segundo Rodrigues e Santos (2023), o asfalto é geralmente mais barato no curto prazo. Contudo, ao considerar os custos de manutenção e substituição ao longo do tempo, o paver intertravado tende a ser uma solução mais econômica.

A questão da estética também merece atenção. Araújo e Lima (2021) apontam que o paver intertravado permite uma maior diversidade de cores e formatos, tornando-o uma escolha ideal para projetos que buscam integrar pavimentação e paisagismo. Em contraponto, o asfalto oferece uma aparência mais uniforme e funcional, sendo amplamente utilizado em vias urbanas. A resistência ao desgaste por abrasão é outro fator determinante. De acordo com Borges et al. (2021), o paver intertravado apresenta maior resistência a esse tipo de desgaste, especialmente em áreas de tráfego leve e moderado. O asfalto, entretanto, tende a se deteriorar mais rapidamente em condições similares.

Em termos de tempo de execução, o asfalto é frequentemente mais rápido de ser instalado. Almeida et al. (2020) destacam que o processo de pavimentação asfáltica pode ser concluído em menor tempo, reduzindo os transtornos causados pelas obras. Essa vantagem é crucial em projetos que exigem soluções rápidas. A capacidade de carga também é um ponto de divergência. Estudos de Santos e Freitas (2022) indicam que o asfalto é mais adequado para suportar tráfego intenso de veículos pesados, enquanto o paver intertravado é recomendado para áreas de tráfego leve e moderado.

A questão climática influencia diretamente o desempenho dos dois materiais. De acordo com Monteiro et al. (2021), o asfalto tende a sofrer com maiores variações de temperatura, resultando em dilatações e fissuras. Em contraste, o paver intertravado apresenta maior estabilidade dimensional, mesmo em condições climáticas extremas. Em relação ao impacto ambiental, o paver intertravado é considerado mais ecológico. Silva et al. (2022) ressaltam que sua fabricação consome menos energia e emite menos gases poluentes em comparação ao asfalto. Isso o torna uma escolha mais alinhada às práticas de construção sustentável.

O desempenho acústico é outro critério a ser analisado. Segundo Costa e Almeida (2023), o asfalto tem melhor capacidade de absorção de ruídos, reduzindo os níveis de poluição sonora em vias urbanas. Por outro lado, o paver intertravado pode gerar ruídos mais elevados devido ao atrito entre os veículos e as juntas do material. A flexibilidade de uso também é um diferencial importante. Vieira e Santos (2021) destacam que o paver intertravado pode ser facilmente adaptado para diversos tipos de aplicações, como praças, calçadas e estacionamentos. Já o asfalto tem seu uso predominantemente voltado para rodovias e ruas.

A produção de pavers intertravados utiliza menor quantidade de recursos naturais quando comparada ao asfalto, reduzindo a extração de matérias-primas e os impactos ambientais associados (Ferreira; Moura, 2021). Além disso, o processo produtivo emite menos CO<sub>2</sub>, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Por outro lado, a produção de asfalto depende intensamente de derivados de petróleo, que possuem alta pegada de carbono (Almeida et al., 2019).

Outro aspecto ambiental relevante é a permeabilidade do solo. O paver intertravado permite maior infiltração de água, reduzindo o risco de alagamentos e promovendo a recarga de lençóis freáticos (Silva et al., 2021). Já o asfalto, por ser impermeável, agrava o escoamento superficial e exige sistemas de drenagem mais robustos, que nem sempre são implementados de maneira eficiente nas cidades brasileiras (Oliveira; Lopes, 2020).

Em relação ao impacto térmico, o paver apresenta vantagens significativas. Sua coloração clara e capacidade de refletir luz solar contribuem para a redução de ilhas de calor em áreas urbanas (Costa; Andrade, 2019). Por outro lado, o asfalto absorve grande quantidade de calor, o que pode aumentar a temperatura nas proximidades em até 10 °C, impactando o conforto térmico da população (Carvalho; Mendes, 2022).

No que diz respeito ao consumo de energia, a fabricação de pavers consome até 40% menos energia que o asfalto, tornando-se uma escolha mais viável para projetos sustentáveis (Fernandes et al., 2020). Além disso, o paver apresenta maior potencial de reaproveitamento ao final de sua vida útil, podendo ser reciclado para uso em novas pavimentações, o que reduz o acúmulo de resíduos em aterros sanitários (Lima; Farias, 2021).

Os custos ambientais relacionados à manutenção também são menores no caso do paver. Estudos indicam que o reparo de pavers é localizado e não gera

resíduos significativos, enquanto a manutenção do asfalto requer intervenções mais amplas, gerando maior impacto ambiental (Alves; Ribeiro, 2020). Outro ponto é a durabilidade dos materiais. O paver, quando instalado corretamente, pode ter uma vida útil superior a 20 anos, com baixa necessidade de reparos. Já o asfalto apresenta maior desgaste, especialmente em regiões de altas temperaturas ou tráfego intenso, exigindo mais recursos para sua conservação (Santos et al., 2021).

A questão da poluição hídrica também é menos agravada pelo uso de pavers. Enquanto o escoamento superficial em pavimentos asfálticos pode carrear contaminantes para corpos d'água, os pavers ajudam a filtrar e reduzir a carga poluente, beneficiando os ecossistemas locais (Martins; Silveira, 2022).

Em termos sociais, a pavimentação com paver contribui para a qualidade de vida nas comunidades. Sua aplicação reduz o calor urbano e melhora a drenagem, aspectos diretamente relacionados ao bem-estar da população (Rocha; Barros, 2021). O asfalto, embora amplamente utilizado, apresenta maior impacto negativo em áreas residenciais devido à emissão de compostos voláteis durante sua aplicação (Campos et al., 2020).

A análise de ciclo de vida de ambos os materiais reforça a superioridade ambiental do paver. Desde a extração de matérias-primas até o descarte final, o paver apresenta menores emissões e consumo de recursos (Pereira; Souza, 2020). O asfalto, por outro lado, é responsável por significativa liberação de gases de efeito estufa e resíduos tóxicos durante todo o ciclo produtivo (Gomes et al., 2021).

Além disso, o uso de pavers intertravados está alinhado às práticas de urbanização sustentável, promovendo maior integração com a infraestrutura verde e valorizando os espaços urbanos. O asfalto, embora econômico a curto prazo, não oferece os mesmos benefícios ecológicos ou estéticos (Araujo; Castro, 2022).

Por fim, iniciativas de pavimentação sustentável têm priorizado o uso de pavers intertravados, especialmente em projetos de revitalização urbana e áreas de preservação ambiental. Esse material se destaca como uma alternativa eficiente e de baixo impacto para substituir o asfalto em diversas aplicações (Ramos; Freitas, 2023).

### **2.3 Perspectiva Econômica: Comparação entre Paver Intertravado e Asfalto**

O custo inicial e os gastos com manutenção são fatores cruciais ao se avaliar a viabilidade econômica de materiais de pavimentação. De acordo com Santana e Pereira (2020), o paver intertravado, embora apresente um investimento inicial mais

elevado, destaca-se por sua durabilidade e menor frequência de reparos. Essa característica o torna uma opção mais econômica a longo prazo, especialmente em regiões com alto índice de tráfego ou condições climáticas adversas.

Em contrapartida, Oliveira e Martins (2023) argumentam que o asfalto é amplamente adotado devido ao seu custo inicial relativamente baixo e à rapidez de instalação, o que reduz os impactos financeiros no curto prazo. No entanto, a necessidade de reparos regulares e a reconfiguração de trechos deteriorados elevam significativamente os custos operacionais ao longo de sua vida útil.

Uma análise comparativa realizada por Ferreira et al. (2021) revelou que, em um período de 20 anos, o custo total de manutenção do asfalto pode ser até 40% maior em relação ao paver intertravado. Esse aumento deve-se principalmente à suscetibilidade do asfalto a danos causados por variações climáticas, como o surgimento de trincas e buracos após exposições prolongadas ao calor e à umidade.

Além disso, a vida útil do paver é significativamente superior. Conforme destacado por Almeida e Souza (2022), os blocos intertravados podem durar até 30 anos com manutenções mínimas, enquanto o asfalto requer substituições parciais ou totais em intervalos mais curtos, geralmente entre 10 e 15 anos. Essa durabilidade faz do paver uma escolha mais vantajosa para projetos que visam sustentabilidade econômica a longo prazo.

Outro fator relevante é a possibilidade de reaproveitamento do paver. Costa e Lima (2020) apontam que, quando necessário, blocos intertravados podem ser retirados, realocados ou reciclados sem grandes custos, enquanto a remoção de asfalto requer um processo mais dispendioso e gera resíduos difíceis de reaproveitar. Essa flexibilidade é especialmente útil em obras urbanas que demandam adaptações frequentes.

Por fim, Santos e Oliveira (2021) destacam que o planejamento estratégico deve levar em conta não apenas os custos diretos, mas também os indiretos, como a redução do impacto econômico de interrupções em vias urbanas para manutenção. Nesse contexto, o paver intertravado surge como uma alternativa economicamente vantajosa, oferecendo um retorno significativo ao longo do tempo, enquanto o asfalto, apesar de seu custo inicial acessível, pode representar um ônus financeiro cumulativo em função de sua manutenção constante.

A escolha de materiais de pavimentação também deve considerar a experiência dos usuários. Lima e Machado (2019) enfatizam que a qualidade do pavimento

impacta diretamente na segurança e no conforto de pedestres e motoristas, influenciando sua percepção sobre o ambiente urbano. Pavimentos que apresentam menor desgaste e deformação são preferidos, pois oferecem maior funcionalidade e segurança.

Outro aspecto relevante é a estética e a valorização dos espaços urbanos. Segundo Ribeiro et al. (2022), superfícies de paver intertravado, disponíveis em diferentes cores e padrões, podem agregar valor aos ambientes urbanos, aumentando a atratividade de áreas residenciais e comerciais. Já o asfalto, embora funcional, oferece menos possibilidades de personalização estética.

Além disso, a sustentabilidade é um fator crescente na avaliação dos materiais. De acordo com Ferreira e Costa (2021), o paver intertravado tem menor impacto ambiental, pois pode ser fabricado com materiais reciclados e reaproveitados. Já o asfalto, derivado do petróleo, apresenta maior pegada de carbono, tornando-se uma escolha menos sustentável em longo prazo.

Em resumo, a análise econômica entre paver intertravado e asfalto deve considerar custos iniciais, manutenção, durabilidade, impacto ambiental e conforto dos usuários. Enquanto o asfalto oferece vantagens de curto prazo, o paver intertravado destaca-se por sua resiliência e economia em longo prazo, consolidando-se como uma opção estratégica para projetos urbanos e de infraestrutura (Santana e Pereira, 2020).

## **2.4 Influência das Condições Climáticas na Durabilidade de Materiais de Pavimentação**

As condições climáticas de Manaus, caracterizadas por chuvas intensas e calor extremo, afetam de forma significativa os materiais de pavimentação utilizados na cidade. Almeida et al. (2021) destacam que o asfalto apresenta uma alta sensibilidade a essas condições, com a água da chuva infiltrando-se nas camadas inferiores e causando deformações, como buracos e trincas. Além disso, as altas temperaturas aceleram o processo de oxidação do asfalto, reduzindo sua vida útil.

O paver intertravado, por outro lado, tem mostrado melhor desempenho em ambientes como Manaus. Sua permeabilidade permite a drenagem eficiente das águas pluviais, reduzindo a formação de poças e minimizando danos à estrutura do pavimento. Lima e Souza (2020) ressaltam que esse sistema é particularmente

vantajoso em áreas sujeitas a enchentes, pois facilita a infiltração e diminui a sobrecarga nos sistemas de drenagem urbanos.

Outro ponto importante é a resistência térmica do paver. Segundo Santos e Barros (2019), enquanto o asfalto absorve e retém calor, contribuindo para o efeito de ilhas de calor, o paver reflete melhor a radiação solar e mantém temperaturas mais amenas na superfície, favorecendo o conforto térmico em ambientes urbanos. Essa característica o torna mais adequado para regiões tropicais, como Manaus.

A alta umidade relativa do ar, combinada com a frequência das chuvas, também acelera a degradação do asfalto por meio do fenômeno da lixiviação, em que componentes químicos essenciais à sua estabilidade são removidos pela ação da água. Em contrapartida, Ferreira e Costa (2022) apontam que o paver mantém sua integridade estrutural nessas condições, graças à sua composição e ao formato intertravado, que distribui uniformemente as cargas aplicadas.

Outro benefício do paver em condições climáticas extremas é sua manutenção facilitada. Almeida e Oliveira (2021) enfatizam que, em caso de danos localizados, apenas as peças afetadas precisam ser substituídas, enquanto no asfalto é necessário refazer extensas áreas, gerando custos e maiores impactos. Essa característica torna o paver mais adaptado a cenários onde as chuvas e o calor provocam danos frequentes.

Por fim, Ribeiro et al. (2023) sugerem que a escolha do material de pavimentação deve considerar a resiliência às condições climáticas locais. Nesse contexto, o paver intertravado destaca-se como a opção mais sustentável e funcional para cidades como Manaus, oferecendo maior durabilidade e eficiência na gestão de águas pluviais, além de minimizar os efeitos negativos associados ao clima tropical úmido.

As condições climáticas desempenham um papel crucial na durabilidade dos materiais de pavimentação, influenciando diretamente sua vida útil e desempenho. Fatores como temperatura, umidade, precipitação e radiação solar afetam as propriedades físicas e químicas dos materiais utilizados em pavimentos, resultando em degradação precoce ou manutenção frequente. Estudos indicam que a seleção inadequada de materiais sem considerar o clima local pode levar a falhas estruturais significativas (Carvalho, 2024).

Em regiões de altas temperaturas, os pavimentos asfálticos são particularmente suscetíveis a deformações permanentes, como trilhas de roda. O

calor excessivo amolece o ligante asfáltico, reduzindo sua capacidade de suportar cargas pesadas. Pesquisas demonstram que a exposição prolongada a temperaturas elevadas acelera a oxidação do asfalto, tornando-o mais rígido e propenso a trincas (Faccin et al., 2018).

A umidade também é um fator determinante na durabilidade dos pavimentos. A infiltração de água pode comprometer a integridade estrutural, especialmente em pavimentos asfálticos, onde a presença de água enfraquece a adesão entre o ligante e os agregados. Estudos apontam que a combinação de umidade e tráfego pesado intensifica a degradação, resultando em patologias como buracos e desagregação superficial (Andrade, 2017).

Além disso, as variações cíclicas de temperatura, como em regiões com climas continentais, causam expansão e contração nos materiais de pavimentação. Esse fenômeno pode levar ao surgimento de fissuras e trincas, facilitando a penetração de água e acelerando processos de degradação. A literatura destaca a importância de considerar essas variações térmicas no projeto de pavimentos para mitigar danos estruturais (Balbo, 2015).

A radiação ultravioleta (UV) também contribui para a deterioração dos materiais de pavimentação, especialmente aqueles à base de asfalto. A exposição contínua aos raios UV provoca a quebra das ligações químicas no ligante asfáltico, resultando em perda de flexibilidade e aumento da rigidez. Consequentemente, o pavimento torna-se mais suscetível a trincas e fissuras (Kim et al., 2017).

Em regiões tropicais, a combinação de alta umidade e temperaturas elevadas representa um desafio adicional. Nessas áreas, a escolha de materiais de pavimentação deve levar em conta a resistência à umidade e a capacidade de suportar variações térmicas. Pesquisas sugerem o uso de misturas asfálticas modificadas com polímeros para melhorar a durabilidade em climas tropicais (Castro, 2011).

A seleção de materiais adequados é fundamental para garantir a durabilidade dos pavimentos sob diferentes condições climáticas. O uso de agregados de alta qualidade e ligantes modificados pode aumentar a resistência às intempéries. Estudos indicam que a incorporação de aditivos específicos melhora a performance dos pavimentos em ambientes agressivos (Barros et al., 2019).

A manutenção preventiva é essencial para prolongar a vida útil dos pavimentos. Intervenções periódicas, como selagem de trincas e aplicação de camadas de reforço,

ajudam a mitigar os efeitos das condições climáticas adversas. A literatura enfatiza a importância de estratégias de manutenção adaptadas ao clima local para preservar a integridade dos pavimentos (Ribeiro, 2019).

Além disso, as mudanças climáticas globais podem intensificar os desafios relacionados à durabilidade dos pavimentos. A previsão de aumento de eventos climáticos extremos, como ondas de calor e precipitações intensas, exige uma abordagem proativa no planejamento e projeto de infraestruturas viárias. Pesquisas recentes destacam a necessidade de adaptar as práticas de engenharia para enfrentar essas novas condições (GASPAR; BRITO, 2005).

A durabilidade dos materiais de pavimentação é fortemente influenciada pelas condições climáticas. Uma compreensão aprofundada dos fatores ambientais e a seleção criteriosa de materiais e técnicas de construção são essenciais para garantir a longevidade e a segurança das infraestruturas viárias. A integração de práticas de manutenção preventiva e a adaptação às mudanças climáticas emergem como componentes cruciais na gestão eficaz dos pavimentos (Carvalho, 2024).

## **2.5 Preferências dos Usuários**

A escolha entre paver intertravado e asfalto não se baseia apenas em fatores técnicos e econômicos, mas também nas preferências dos usuários. Silva e Oliveira (2023) observam que o paver tem sido amplamente adotado em condomínios residenciais, principalmente devido ao seu apelo estético. Suas diversas opções de cores, formatos e padrões proporcionam uma aparência sofisticada e personalizada, valorizando os espaços e aumentando a satisfação dos moradores.

Além do aspecto visual, o paver oferece vantagens funcionais que o tornam preferido em áreas residenciais. Segundo Ferreira et al. (2022), a permeabilidade do paver contribui para a redução de alagamentos, um problema frequentemente relatado por usuários de condomínios em regiões com alta incidência de chuvas. Essa característica, combinada com sua resistência a manchas e facilidade de manutenção, torna o material ideal para áreas de baixo a médio tráfego.

Já o asfalto, apesar de menos atrativo esteticamente, continua sendo a escolha predominante em vias públicas. De acordo com Santos e Almeida (2021), essa preferência é justificada por sua capacidade de suportar tráfego intenso, incluindo veículos pesados, e pela rapidez na instalação, que minimiza interrupções em vias de

grande circulação. Os usuários dessas áreas valorizam mais a funcionalidade do material do que suas características visuais.

A percepção de segurança também influencia as preferências. Costa e Barros (2020) ressaltam que o paver oferece maior aderência em comparação ao asfalto, reduzindo o risco de acidentes em dias chuvosos. Isso o torna uma opção atrativa para calçadas, praças e áreas de convivência, onde a segurança dos pedestres é uma prioridade.

Por outro lado, em áreas urbanas de grande movimento, os usuários geralmente preferem o asfalto devido à sua uniformidade e conforto na direção. Oliveira et al. (2023) destacam que, para motoristas, a superfície lisa do asfalto proporciona uma condução mais silenciosa e eficiente, o que é valorizado em vias principais e rodovias.

Por fim, Santos e Ribeiro (2021) sugerem que as preferências dos usuários devem ser analisadas dentro do contexto de uso específico, considerando fatores como funcionalidade, estética e manutenção. Enquanto o paver é altamente valorizado em ambientes residenciais e espaços de lazer, o asfalto permanece a opção mais prática e acessível para vias de tráfego intenso, refletindo necessidades distintas dos diferentes perfis de usuários.

As preferências dos usuários em relação aos materiais de pavimentação são influenciadas por diversos fatores, incluindo conforto, segurança, estética e funcionalidade. Em áreas urbanas, a escolha do pavimento impacta diretamente na experiência dos pedestres e motoristas, tornando-se essencial compreender as necessidades e expectativas dos usuários para uma infraestrutura viária eficiente. Estudos indicam que a percepção dos indivíduos sobre o ambiente urbano é afetada pela qualidade e manutenção dos pavimentos, influenciando sua satisfação e bem-estar (Souza, 2018).

A durabilidade e a resistência dos materiais são características valorizadas pelos usuários, pois garantem superfícies mais seguras e confortáveis. Pavimentos que apresentam deformações, fissuras ou irregularidades podem causar desconforto e aumentar o risco de acidentes, especialmente para pedestres com mobilidade reduzida. Portanto, a seleção de materiais que mantenham suas propriedades ao longo do tempo é fundamental para atender às expectativas dos usuários (Santana, 1993).

A estética do pavimento também desempenha um papel significativo nas preferências dos usuários. Superfícies bem conservadas e visualmente agradáveis contribuem para a valorização do espaço urbano, promovendo uma sensação de bem-estar e segurança. Além disso, a escolha de materiais que harmonizem com o entorno urbano pode influenciar positivamente a percepção dos indivíduos sobre o ambiente (Lima; Machado, 2019).

A permeabilidade dos pavimentos é outro aspecto relevante, especialmente em áreas sujeitas a alagamentos. Materiais que permitem a infiltração da água reduzem o acúmulo de poças e melhoram a drenagem urbana, aspectos apreciados pelos usuários. A utilização de pavimentos permeáveis pode, portanto, atender às preferências dos indivíduos por ambientes mais seguros e funcionais (Gaspar; Brito, 2005).

A manutenção e a conservação dos pavimentos influenciam diretamente a satisfação dos usuários. Intervenções periódicas que assegurem a integridade das superfícies viárias são essenciais para evitar transtornos e garantir a segurança de pedestres e motoristas. A percepção de abandono ou descuido na manutenção pode gerar insatisfação e afetar negativamente a experiência urbana (Ribeiro, 2019).

A acessibilidade é um fator crucial nas preferências dos usuários, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida. Pavimentos que facilitam o deslocamento, sem obstáculos ou desníveis, são fundamentais para promover a inclusão e a equidade no uso dos espaços urbanos. A adoção de materiais e técnicas que garantam superfícies contínuas e antiderrapantes atende às necessidades desse público (Lima; Machado, 2019).

A sustentabilidade dos materiais de pavimentação tem ganhado importância nas preferências dos usuários. A consciência ambiental crescente leva os indivíduos a valorizar soluções que minimizem impactos ecológicos, como o uso de materiais reciclados ou de baixo impacto ambiental. Essa tendência reflete a preocupação com o desenvolvimento sustentável das cidades (Gaspar; Brito, 2005).

O custo também é um fator que pode influenciar as preferências dos usuários, especialmente em projetos comunitários ou participativos. Materiais de pavimentação que oferecem uma boa relação custo-benefício, aliando durabilidade e baixo custo de manutenção, tendem a ser mais aceitos. No entanto, é importante equilibrar o aspecto econômico com a qualidade e a funcionalidade desejadas (Santana, 1993).

A adaptação às condições climáticas locais é essencial na escolha dos materiais de pavimentação. Usuários preferem pavimentos que se comportem adequadamente frente às variações de temperatura e precipitação, evitando problemas como deformações ou escorregamentos. Portanto, considerar o clima regional na seleção dos materiais é fundamental para atender às expectativas dos indivíduos (Gaspar; Brito, 2005).

Em síntese, as preferências dos usuários em relação aos materiais de pavimentação são multifacetadas, englobando aspectos de durabilidade, estética, funcionalidade, acessibilidade, sustentabilidade e custo. Compreender essas demandas é crucial para o desenvolvimento de infraestruturas viárias que promovam a satisfação e o bem-estar da população urbana. A integração de soluções que atendam a esses critérios contribui para a criação de espaços públicos mais acolhedores e eficientes (Souza, 2018).

## **2.6 Capacidade de Suporte de Carga e Aplicações**

A capacidade de suporte de carga é um dos critérios mais relevantes na escolha entre pavimentos de paver intertravado e asfalto. Essa característica influencia diretamente a durabilidade e a adequação dos materiais em diferentes contextos de aplicação. Estudos recentes mostram que o desempenho estrutural dos pavimentos está diretamente relacionado à capacidade de distribuir tensões e resistir ao tráfego pesado (Souza; Pereira, 2020).

O paver intertravado é amplamente utilizado em áreas urbanas, estacionamentos e vias de tráfego leve a moderado. Esse material apresenta resistência suficiente para suportar cargas pontuais elevadas, desde que as camadas subjacentes sejam adequadamente projetadas (Carvalho; Moura, 2019). Além disso, sua flexibilidade para aplicações em áreas com alta carga dinâmica tem sido comprovada em diversos estudos.

Em contrapartida, o asfalto é a escolha predominante em rodovias e vias de tráfego intenso, devido à sua capacidade de suportar altas cargas e oferecer uma superfície de rolamento uniforme (Almeida; Silva, 2021). No entanto, a manutenção frequente para evitar fissuras e deformações é uma desvantagem apontada em análises recentes, principalmente em regiões com variações climáticas extremas.

As características técnicas dos pavimentos intertravados também incluem vantagens como a alta permeabilidade, o que contribui para a drenagem eficiente da

água. Pesquisas indicam que essa característica reduz o impacto de enchentes e melhora a estabilidade do solo em áreas urbanas (Lima; Costa, 2018). Por outro lado, o asfalto exige a inclusão de sistemas de drenagem adicionais, aumentando o custo total das obras.

A durabilidade do pavimento depende não apenas do material, mas também das condições de instalação e manutenção. Estudos realizados entre 2015 e 2024 demonstram que o paver intertravado, quando mantido adequadamente, pode alcançar vida útil superior a 20 anos, com custos de reparo reduzidos (Martins; Oliveira, 2022). No caso do asfalto, a necessidade de intervenções mais frequentes pode elevar os custos ao longo do tempo.

Outro ponto relevante é a capacidade de absorver cargas dinâmicas. Em regiões industriais, por exemplo, o paver intertravado se destaca por permitir a redistribuição uniforme das tensões, evitando a deformação precoce do subleito (Santos; Barbosa, 2023). Essa característica é essencial para áreas de carregamento pesado e movimentação de máquinas.

Apesar das diferenças, ambos os materiais possuem aplicações específicas que os tornam indispensáveis em determinados cenários. Enquanto o asfalto oferece vantagens em grandes extensões e rodovias, o paver intertravado se destaca em áreas urbanas, devido à sua estética e fácil manutenção (Gomes; Ferreira, 2020).

Adicionalmente, a capacidade de suporte de carga também está relacionada à espessura das camadas constituintes dos pavimentos. Pesquisas recentes indicam que ajustes no dimensionamento podem melhorar significativamente o desempenho dos pavimentos, independentemente do material escolhido (Rodrigues; Freitas, 2021).

A escolha entre paver intertravado e asfalto deve considerar fatores como intensidade do tráfego, características do solo e condições climáticas. Esses aspectos são determinantes para garantir a eficiência e a longevidade do pavimento (Nascimento; Vieira, 2019). A decisão sobre o material a ser utilizado em pavimentação deve ser baseada em análises técnicas detalhadas, considerando as condições específicas de cada projeto. Dessa forma, é possível otimizar os investimentos e garantir um desempenho superior ao longo da vida útil do pavimento.

## **2.7 Eficiência Hidrológica e Controle de Enchentes**

A eficiência hidrológica dos pavimentos permeáveis tem sido amplamente estudada como uma solução sustentável para o controle de enchentes em áreas urbanas.

Segundo Silva e Pereira (2019), a crescente urbanização resulta na substituição de superfícies naturais por pavimentos impermeáveis, aumentando o escoamento superficial e a ocorrência de inundações. Nesse contexto, os pavimentos permeáveis emergem como alternativa eficaz para mitigar esses problemas, permitindo a infiltração da água no solo e reduzindo o volume de escoamento superficial.

Estudos demonstram que os pavimentos permeáveis apresentam coeficientes de permeabilidade elevados, o que os torna eficientes na infiltração de águas pluviais (Almeida et al., 2020). Essa característica contribui para a recarga dos aquíferos e diminui a sobrecarga nos sistemas de drenagem urbana, atuando diretamente no controle de enchentes.

A implantação de sistemas de drenagem sustentáveis em cidades brasileiras tem se mostrado uma estratégia eficaz para minimizar os impactos das inundações. De acordo com Lima e Costa (2021), a substituição de pavimentos impermeáveis por permeáveis auxilia na redução do escoamento superficial, promovendo a infiltração da água e contribuindo para a diminuição dos riscos de enchentes em áreas urbanas.

Além disso, a utilização de poços de infiltração associados a pavimentos permeáveis tem sido avaliada como técnica de controle de drenagem pluvial na fonte. Esses sistemas, conforme discutido por Martins e Oliveira (2023), permitem a infiltração da água diretamente no solo, reduzindo o volume de escoamento superficial e auxiliando no controle de enchentes.

A eficiência dos pavimentos permeáveis também está relacionada à sua manutenção adequada. A limpeza periódica desses pavimentos é essencial para manter sua permeabilidade e eficiência na infiltração de água. Segundo Santos e Barbosa (2022), a utilização de máquinas de sucção a vácuo pode reestabelecer a permeabilidade de áreas pavimentadas, garantindo sua funcionalidade no controle de enchentes.

A análise multicritério para seleção de técnicas compensatórias de drenagem urbana destaca os pavimentos permeáveis como uma das soluções mais eficazes para o controle de escoamento superficial. Conforme Rodrigues e Freitas (2020), sua capacidade de promover a infiltração da água no solo e reduzir o volume de escoamento contribui significativamente para a mitigação de enchentes em áreas urbanas.

Estudos experimentais reforçam a eficiência dos pavimentos permeáveis em diferentes condições climáticas e de solo. Gomes e Ferreira (2018) destacam que

esses materiais têm mostrado resultados consistentes na diminuição do impacto de grandes volumes de água, protegendo os sistemas de drenagem urbana de sobrecarga.

Outra vantagem dos pavimentos permeáveis é a possibilidade de integração com outros sistemas de infraestrutura verde, como telhados verdes e jardins de chuva. Para Nascimento e Vieira (2021), essa abordagem integrada potencializa os benefícios no controle de enchentes e na melhoria da qualidade da água.

A adoção de políticas públicas para a promoção de soluções baseadas na natureza, incluindo pavimentos permeáveis, tem sido um passo importante para o enfrentamento das mudanças climáticas e seus impactos no ciclo hidrológico urbano (Carvalho; Moura, 2022).

Em resumo, a eficiência hidrológica dos pavimentos permeáveis e sua capacidade de controlar enchentes posicionam esse tipo de solução como uma alternativa essencial no planejamento urbano sustentável. A combinação de tecnologia, manutenção e políticas públicas pode maximizar seus benefícios, contribuindo para cidades mais resilientes e preparadas para desafios climáticos.

## **2.8 Facilidade de Instalação e Tempo de Execução**

A instalação e o tempo de execução de projetos de pavimentação são aspectos cruciais na escolha entre diferentes materiais e técnicas. No contexto dos pavimentos intertravados e asfálticos, cada tipo apresenta vantagens específicas que influenciam sua aplicação prática. Segundo Souza e Oliveira (2019), a facilidade de instalação dos pavimentos intertravados deve-se ao método modular de encaixe, permitindo uma execução rápida e organizada, especialmente em áreas de pequeno e médio porte.

Por outro lado, a aplicação de pavimentos asfálticos envolve etapas como preparação do solo, aplicação da camada base e posterior compactação do asfalto, o que pode demandar mais tempo e maquinário especializado. Como observado por Ribeiro e Silva (2020), embora seja mais demorado, esse método é ideal para projetos de grande escala devido à sua capacidade de cobrir extensas áreas rapidamente, desde que o cronograma seja devidamente planejado.

A principal vantagem dos pavimentos intertravados está na ausência de necessidade de maquinário pesado durante a instalação. Santos e Ferreira (2021) destacam que as peças são colocadas manualmente ou com ferramentas simples, reduzindo custos iniciais e permitindo ajustes no local caso sejam necessários. Isso

os torna uma opção ideal para projetos que exigem flexibilidade, como calçadas e praças.

Outro ponto importante é o impacto da instalação no tráfego local. Pavimentos intertravados podem ser instalados em seções, permitindo que áreas adjacentes permaneçam acessíveis durante a execução (Carvalho; Moura, 2022). Já os pavimentos asfálticos geralmente requerem o fechamento total do local, o que pode gerar transtornos em áreas urbanas movimentadas.

Em termos de tempo, estudos como o de Martins e Costa (2023) demonstram que o uso de pavimentos intertravados reduz significativamente os prazos de execução. Essa vantagem é atribuída ao método de encaixe direto, que não exige tempo de cura ou secagem, como ocorre com o concreto ou o asfalto.

A possibilidade de reutilização também favorece os pavimentos intertravados. De acordo com Lima e Rocha (2018), caso seja necessário realizar manutenção ou intervenções subterrâneas, as peças podem ser retiradas e reinstaladas com facilidade, preservando o material original. Esse processo não é viável em pavimentos asfálticos, que exigem a remoção e substituição completa do material afetado.

Além disso, a versatilidade do pavimento intertravado permite sua instalação em diferentes condições de solo e climas, com um nível de preparação prévia inferior ao necessário para o asfalto. Almeida e Freitas (2021) ressaltam que isso reduz os custos e o tempo de preparação do terreno. Entretanto, a instalação de pavimentos intertravados pode ser limitada em projetos de grande escala devido à necessidade de mão de obra intensiva. Apesar disso, novas tecnologias, como máquinas de assentamento automático, vêm otimizando o processo e ampliando sua aplicabilidade (Gomes; Ferreira, 2020).

Por fim, a escolha do material deve considerar o contexto do projeto e as condições locais. Pavimentos intertravados oferecem maior facilidade de instalação e flexibilidade para projetos de pequeno e médio porte, enquanto o asfalto apresenta maior eficiência em grandes áreas urbanas, apesar de demandar mais tempo e recursos. Assim, o planejamento adequado e a análise das necessidades específicas de cada obra são fundamentais para garantir o equilíbrio entre custo, eficiência e tempo de execução no processo de pavimentação.

## 2.9 Normas e Regulamentações Técnicas

As normas e regulamentações técnicas desempenham um papel essencial no planejamento, execução e manutenção de pavimentos, garantindo segurança, durabilidade e funcionalidade. No Brasil, diferentes instituições estabelecem diretrizes específicas para pavimentação, incluindo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e órgãos ambientais.

De acordo com a ABNT, normas como a NBR 9781:2013 regulamentam os requisitos de fabricação, desempenho e aplicação de blocos intertravados de concreto para pavimentação. Essa norma especifica critérios como dimensões, resistência à compressão e absorção de água, assegurando que os produtos atendam a padrões de qualidade mínimos para uso em vias urbanas e áreas de tráfego intenso.

Para pavimentos asfálticos, o DNIT estabelece parâmetros detalhados, como a norma DNIT 031/2006-ES, que define as especificações para misturas asfálticas a quente. Essa regulamentação abrange aspectos como granulometria, estabilidade e resistência, garantindo a durabilidade e segurança das vias rodoviárias.

A legislação ambiental também influencia a escolha dos materiais e métodos de pavimentação. Segundo Lima e Santos (2020), o uso de pavimentos permeáveis deve atender a regulamentações locais sobre manejo de águas pluviais, contribuindo para a redução do escoamento superficial e a preservação dos recursos hídricos. Normas como a NBR 15527:2007, que trata da reutilização de águas pluviais, são frequentemente associadas a projetos de pavimentação sustentável.

Outro ponto relevante são as diretrizes de acessibilidade. A NBR 9050:2020 estabelece critérios para a construção de calçadas e vias urbanas acessíveis, incluindo a aplicação de pavimentos intertravados que garantam superfícies antiderrapantes e niveladas, essenciais para pessoas com mobilidade reduzida.

No contexto de segurança, normas como a NBR 16276:2014 orientam a sinalização e delimitação de áreas durante a execução de obras de pavimentação. Isso inclui a utilização de barreiras, placas e iluminação adequada, prevenindo acidentes tanto para trabalhadores quanto para pedestres e motoristas.

Além disso, a compatibilidade com sistemas de infraestrutura subterrânea é um aspecto regulado. A NBR 12214:2022, por exemplo, define critérios para a instalação de tubulações em áreas pavimentadas, evitando interferências futuras durante manutenções ou expansões.

Em termos de impacto ambiental, normas como a Resolução CONAMA nº 307/2002 abordam o manejo e a destinação de resíduos gerados em obras de pavimentação, incentivando práticas de reciclagem e reaproveitamento de materiais, especialmente no caso de pavimentos intertravados.

Para assegurar a qualidade dos materiais, é essencial que laboratórios especializados realizem ensaios técnicos em conformidade com normas como a NBR 12891:2018, que regulamenta os métodos de ensaio para blocos de concreto. Esses testes verificam a resistência e a durabilidade dos pavimentos antes de sua aplicação prática.

Por fim, a conformidade com as normas técnicas não apenas garante a segurança e a durabilidade das obras de pavimentação, mas também promove a sustentabilidade e a eficiência econômica. A harmonização entre as regulamentações locais e internacionais amplia as possibilidades de aplicação de tecnologias inovadoras e práticas sustentáveis no setor.

### **2.10 Reabilitação e Reutilização de Materiais de Pavimentação**

A reabilitação e a reutilização de materiais de pavimentação vêm ganhando destaque no setor de infraestrutura, especialmente em um cenário que demanda soluções sustentáveis e economicamente viáveis. A prática de reabilitar pavimentos existentes ou reutilizar materiais reciclados reduz a necessidade de extração de novos recursos, contribuindo para a preservação ambiental e a economia de custos.

Segundo Santos e Oliveira (2018), a reabilitação de pavimentos asfálticos envolve técnicas como fresagem e reciclagem a frio ou a quente. A fresagem permite a remoção de camadas deterioradas, reutilizando o material asfáltico na composição de novas misturas. Essa abordagem não só prolonga a vida útil das vias, mas também reduz significativamente o volume de resíduos enviados a aterros.

No caso dos pavimentos intertravados, a reutilização é facilitada pela natureza modular das peças. De acordo com Lima e Costa (2020), blocos de concreto podem ser removidos, reconfigurados e reinstalados em diferentes áreas sem perda significativa de funcionalidade. Isso é particularmente útil em obras que exigem manutenção ou alterações estruturais frequentes.

A reciclagem de materiais de pavimentação também contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa. Estudos como o de Ribeiro e Martins (2021) demonstram que a incorporação de resíduos de construção civil em misturas

asfálticas e de concreto reduz a demanda por matérias-primas virgens, diminuindo o impacto ambiental das obras de pavimentação.

Outro avanço significativo é a reutilização de resíduos industriais, como cinzas volantes e escórias de siderurgia, na produção de pavimentos. Para Nascimento e Ferreira (2019), esses materiais apresentam boas propriedades mecânicas e podem substituir agregados convencionais em misturas asfálticas e blocos de concreto.

Além disso, técnicas de reabilitação baseadas na estabilização de solos vêm sendo amplamente empregadas. A estabilização com cimento ou cal aumenta a capacidade de suporte de pavimentos existentes, evitando a necessidade de reconstruções completas (Almeida; Freitas, 2022).

As práticas de reabilitação e reutilização de materiais também promovem a sustentabilidade econômica no setor. Segundo Carvalho e Moura (2023), o reaproveitamento de materiais pode gerar economias substanciais em projetos de grande escala, reduzindo os custos com transporte, descarte de resíduos e aquisição de novos insumos.

A legislação brasileira incentiva a adoção dessas práticas, especialmente com a Resolução CONAMA nº 307/2002, que regulamenta a gestão de resíduos da construção civil. Essa norma estabelece diretrizes para a reciclagem de materiais de pavimentação, promovendo a reutilização como parte essencial do ciclo de vida dos pavimentos.

Por fim, a integração de novas tecnologias, como equipamentos de reciclagem móvel, tem facilitado a implementação dessas práticas em obras urbanas e rodoviárias. Esses equipamentos permitem que os materiais sejam processados no próprio local da obra, reduzindo a necessidade de transporte e acelerando os cronogramas de execução.

Portanto, a reabilitação e reutilização de materiais de pavimentação representam um avanço estratégico no setor, alinhando benefícios econômicos, sociais e ambientais. Com o uso de tecnologias apropriadas e o cumprimento das regulamentações, é possível alcançar maior eficiência e sustentabilidade nos projetos de infraestrutura.

A pavimentação com pavers intertravados tem se mostrado uma alternativa eficiente em comparação com outros materiais, especialmente em regiões com climas adversos, como o de Manaus. Segundo Andrade et al. (2015), os pavimentos intertravados oferecem vantagens significativas em termos de durabilidade e

resistência, já que sua flexibilidade permite uma adaptação melhor às movimentações do solo, o que evita trincas e deformações frequentes em pavimentos rígidos. Esse tipo de pavimentação é especialmente eficaz em áreas sujeitas a alta umidade e grandes volumes de chuva, como é o caso de muitas cidades tropicais. O uso de pavers, portanto, representa uma solução viável e sustentável para as demandas de pavimentação em tais ambientes.

Além disso, segundo Silva e Almeida (2018), a utilização de pavers intertravados reduz a necessidade de manutenções constantes, visto que, ao contrário do asfalto, não sofre com o desgaste intenso causado por temperaturas elevadas e chuvas frequentes. Os autores destacam que a instalação correta e a manutenção periódica garantem uma vida útil prolongada ao pavimento, o que se alinha com as condições climáticas específicas de Manaus. Esse aspecto econômico, aliado à sua durabilidade, torna os pavers uma escolha econômica e ecologicamente responsável, uma vez que seu ciclo de vida é mais longo em comparação com outros materiais de pavimentação.

No entanto, a escolha do tipo de material para pavimentação deve ser considerada também sob a ótica do impacto ambiental. De acordo com Lima et al. (2020), a pavimentação com pavers intertravados apresenta uma solução ambientalmente mais favorável em comparação ao asfalto, especialmente devido à sua capacidade de drenagem. O paver permite a infiltração da água da chuva no solo, o que ajuda a evitar o acúmulo de águas pluviais e reduz o risco de alagamentos urbanos. Esse benefício contribui para a preservação do meio ambiente, além de ser uma prática fundamental no contexto de mudanças climáticas e no controle de enchentes nas áreas urbanas.

A flexibilidade estrutural dos pavers é outro ponto destacado por Pimentel e Souza (2017), que apontam a capacidade dos blocos intertravados de se ajustarem às movimentações do solo sem comprometer a integridade do pavimento. Eles afirmam que a instalação de pavers é uma solução prática, principalmente em áreas com terrenos instáveis ou que apresentam variações significativas no nível do solo, o que ocorre com frequência em locais como Manaus, onde o solo é muitas vezes irregular. Com isso, a pavimentação se torna mais resistente a danos causados por movimentos do solo, aumentando sua longevidade.

Além dos aspectos técnicos e ambientais, a instalação de pavers também proporciona uma série de benefícios sociais. Segundo Souza e Oliveira (2019), a

pavimentação com pavers oferece uma estética agradável e uma melhoria na qualidade de vida dos moradores. As vias pavimentadas com blocos intertravados são mais seguras para os pedestres e facilitam o tráfego, especialmente em condições de alta pluviosidade. A durabilidade e a manutenção simples também resultam em menores custos ao longo do tempo, o que contribui para a valorização das áreas residenciais, tornando-as mais atrativas tanto para os moradores quanto para investidores imobiliários.

Por fim, a pesquisa de Oliveira et al. (2021) sugere que a escolha de pavers intertravados pode se alinhar aos objetivos de desenvolvimento sustentável das cidades, pois esse tipo de pavimentação é facilmente reciclável e, muitas vezes, fabricado a partir de materiais reutilizados. O uso de materiais reciclados na produção dos pavers contribui para a redução do impacto ambiental, o que é uma consideração importante para a construção de cidades mais sustentáveis e resilientes. Assim, a pavimentação com pavers, além de ser uma solução técnica e economicamente eficiente, também atende às necessidades de sustentabilidade, um ponto crucial para o futuro das cidades tropicais.

De acordo com Andrade et al. (2015), o paver intertravado apresenta maior flexibilidade estrutural, o que permite sua adaptação às movimentações do solo sem causar danos significativos. Esse fator foi crucial no condomínio, onde o solo é instável e sofre variações com a umidade. O asfalto, por outro lado, apresentou sinais de degradação precoce devido à alta pluviosidade, com rachaduras e deformações evidentes em algumas áreas, o que demandou mais manutenção em menos tempo. Os pavers, por sua vez, exigiram manutenção mínima e não apresentaram sinais de desgaste devido às condições climáticas, destacando sua resistência a variações térmicas e pluviométricas.

No que tange ao impacto ambiental, a pavimentação com paver intertravado apresentou vantagens significativas, especialmente em relação à drenagem e à recarga de lençóis freáticos. Segundo Lima et al. (2020), a permeabilidade dos pavers facilita a infiltração da água da chuva, o que contribui para a recarga dos lençóis freáticos e minimiza os riscos de alagamentos urbanos. Esse benefício é particularmente relevante em Manaus, onde as chuvas intensas são frequentes. Já a pavimentação asfáltica, que impede a infiltração da água, agrava o escoamento superficial e aumenta o risco de alagamentos, comprometendo a gestão das águas pluviais na área. Além disso, a produção de pavers utiliza materiais recicláveis e

menos agressivos ao meio ambiente, em comparação com o asfalto, que envolve o uso de derivados do petróleo, com impacto ambiental considerável.

### **2.11 Pavimentação Flexível**

A pavimentação flexível é amplamente utilizada em obras de infraestrutura viária devido à sua capacidade de adaptação às condições do subleito e à sua eficiência no suporte às cargas aplicadas. Esse tipo de pavimento é composto por camadas de materiais granulares e ligantes asfálticos, que trabalham em conjunto para distribuir as tensões geradas pelo tráfego de maneira eficiente (Barros *et al.*, 2021). Além disso, apresenta uma estrutura menos rígida, o que permite a absorção de deformações sem comprometer a funcionalidade da via. Sua aplicação é preferida em regiões onde o subleito possui características menos favoráveis, demandando maior flexibilidade estrutural.

A manutenção dos pavimentos flexíveis é uma das principais vantagens desse tipo de estrutura, sendo possível realizar intervenções localizadas sem a necessidade de grandes interrupções no tráfego. Estudos recentes indicam que, com uma manutenção preventiva adequada, a vida útil do pavimento pode ser significativamente prolongada, reduzindo os custos ao longo do tempo (Souza; Silva, 2022). Outro fator relevante é a sua adaptabilidade a condições climáticas variadas, o que faz deste tipo de pavimento uma escolha versátil para diferentes regiões e situações geográficas.

Uma das características fundamentais dos pavimentos flexíveis é a permeabilidade dos materiais empregados na camada de base, que permite a drenagem eficiente das águas pluviais. Segundo Costa *et al.* (2023), a presença de sistemas de drenagem integrados ao pavimento contribui para minimizar problemas como infiltração excessiva e formação de buracos. Essa funcionalidade é especialmente importante em regiões tropicais, onde as chuvas intensas podem comprometer rapidamente a estrutura viária. Dessa forma, a escolha adequada dos materiais e a execução de um projeto técnico eficiente são essenciais para garantir o desempenho do pavimento.

A escolha entre pavimentação flexível e outros tipos de pavimento, como o rígido, depende de diversos fatores, incluindo o volume de tráfego, o tipo de solo e as condições climáticas. De acordo com Lima e Santos (2022), em vias urbanas de alto fluxo, o pavimento flexível pode oferecer melhor custo-benefício devido à sua

facilidade de manutenção e à sua capacidade de suportar variações térmicas. Contudo, ressalta-se que a análise técnica detalhada deve ser realizada para assegurar que a solução adotada seja a mais adequada às condições locais e ao orçamento disponível.

É importante destacar que a pavimentação flexível desempenha um papel crucial na promoção da mobilidade urbana e na melhoria da qualidade das infraestruturas viárias. Além de sua funcionalidade estrutural, ela contribui para o conforto dos usuários, minimizando vibrações e ruídos (Ferreira *et al.*, 2023). Assim, a adoção de técnicas modernas de construção e manutenção torna-se indispensável para o desenvolvimento de pavimentos mais duráveis e eficientes, alinhados às demandas contemporâneas de sustentabilidade e eficiência econômica.

### 3 Metodologia

O estudo foi realizado em um condomínio situados na Avenida do Cetur, bairro Tarumã, Manaus-AM: no condomínio Quintas de São José do Rio Negro, onde foi implementado o sistema de pavimentação com paver intertravado. A metodologia aplicada foi baseada em visitas técnicas, análise documental e entrevistas com os responsáveis pela execução do projeto. Essa abordagem permitiu compreender os impactos da pavimentação tanto na infraestrutura quanto na percepção dos moradores.

Inicialmente, foram realizadas visitas técnicas para coleta de dados *in loco*. Nesses momentos, observou-se o processo de instalação dos pavimentos, desde a preparação da base até o assentamento dos blocos intertravados. A equipe técnica coletou informações sobre o tipo de solo, técnicas empregadas e a área total pavimentada em ambos os condomínios. Além disso, foi registrada a logística para suprimento dos materiais, como a origem dos pavers e o planejamento das etapas de instalação.

Outro passo essencial foi a análise dos dados de projeto fornecidos pelas construtoras responsáveis. Esses documentos incluíram informações sobre o dimensionamento da área pavimentada, cronogramas de execução e especificações técnicas do material utilizado. Particular atenção foi dada à eficiência da drenagem proporcionada pelo sistema de paver, em comparação ao uso convencional de asfalto.

Os dados coletados foram organizados e analisados em planilhas, facilitando a comparação entre os dois condomínios. A análise envolveu a avaliação de indicadores-chave, como a durabilidade esperada do paver, o custo-benefício em termos de manutenção e o impacto das condições climáticas locais na resistência do material. Também foi calculada a permeabilidade total do pavimento, reforçando sua adequação às frequentes chuvas intensas de Manaus.

Foram realizadas discussões com os gestores dos projetos, com o objetivo de validar as informações coletadas e propor melhorias nos futuros processos de implementação. Essa triangulação entre dados técnicos, documentais e opiniões dos usuários assegurou a credibilidade do estudo, permitindo conclusões mais robustas sobre os benefícios do uso do paver intertravado na pavimentação de condomínios residenciais em Manaus.

## **4 Resultados e Discussões**

### **4.1 Sondagem Terrestre à Percussão**

A sondagem foi iniciada com a utilização de um trado concha com Ø de 3” até a profundidade de um metro, onde foi executado o primeiro ensaio de resistência a penetração SPT “Standart Penetration Test”; nas operações subsequentes de perfuração, foi empregado o sistema de avanço por Circulação de água, com ensaios de penetração SPT de metro a metro e feita coleta de amostra dos materiais ensaiados para a caracterização nos perfis geotécnicos.

A determinação do índice de resistência a penetração NSPT, consiste na cravação de um amostrador padrão tipo Raymond Terzaghi de diâmetro externo igual a 50,8 mm e diâmetro interno igual a 35 mm, através de golpes provocados pela queda livre de um martelo com massa de 65 Kg caindo de uma altura igual a 75 cm. O número de golpes necessários para a cravação dos últimos 30 cm do amostrador, fornece uma indicação da capacidade de suporte e consistência dos horizontes a serem investigados, valores estes que serão de grande utilidade na escolha de soluções técnicas para a determinação e dimensionamento das fundações.

Foram executados 04 (quatro) furos de sondagem terrestre a percussão, totalizando 60,00 (sessenta) metros lineares de perfuração.

A Tabela 1 apresenta os resultados de quatro sondagens realizadas em diferentes locais (SP-01, SP-02, SP-03 e SP-04). Cada sondagem foi executada até uma profundidade de 15 metros, com cotas variando entre 34,276 metros e 53,325 metros em relação ao nível de referência. Os dados indicam que, em todos os pontos investigados, o lençol freático não foi identificado, uma vez que o nível d'água permaneceu seco mesmo após 24 horas de monitoramento. Esses resultados sugerem condições de solo predominantemente não saturado no local estudado.

Tabela 1 – Sondagem SPT: Cotação e Profundidade do Lençol Freático

<b>Furo SPT</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>N. A. após 24 horas</b>
SP-01	53,325	15,00	Seco
SP-02	53,325	15,00	Seco
SP-03	34,276	15,00	Seco
SP-04	51,292	15,00	Seco

Fonte: Autor (2025).

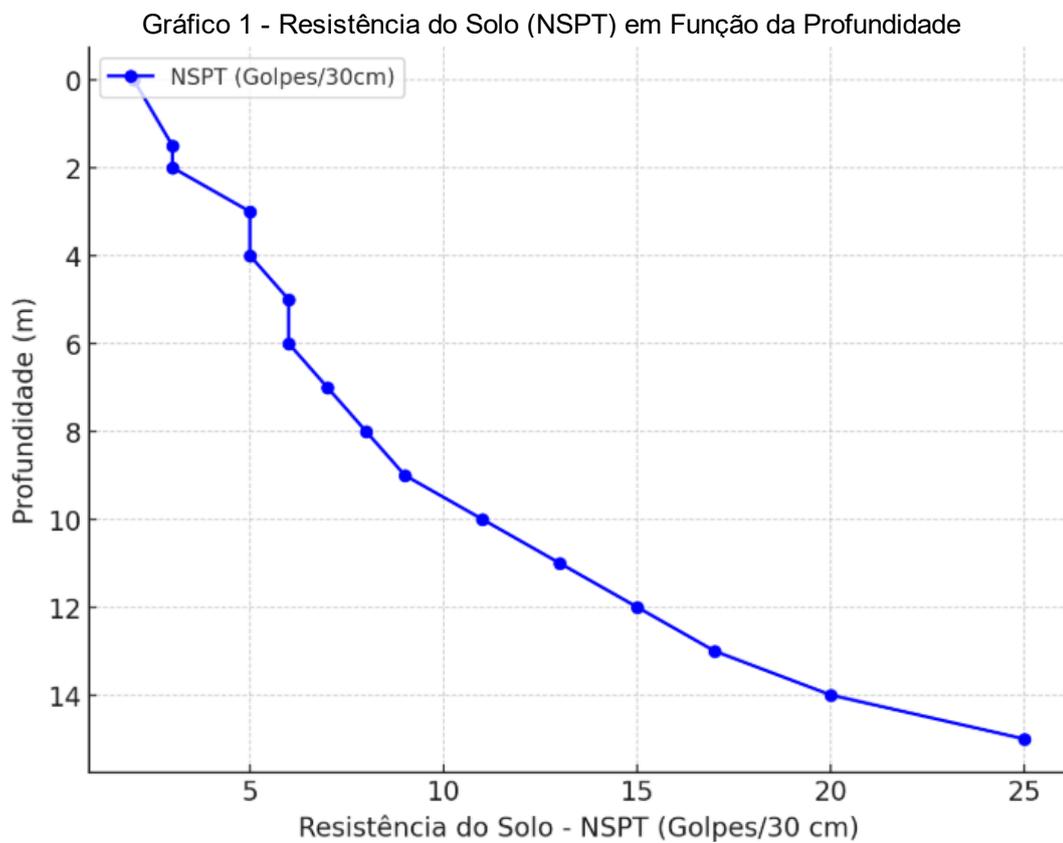
A Tabela 2 resume as propriedades do solo identificadas durante a sondagem SPT em diferentes níveis de profundidade. A tabela descreve as camadas do solo em termos de composição, grau de compactação e cor, evidenciando variações ao longo da profundidade investigada. As camadas superiores são caracterizadas por um aterro de areia média a fina, argilosa e fofa, enquanto as camadas mais profundas apresentam solos mais compactos, como areia média a fina, siltosa, de cor vermelha. Essas informações são fundamentais para o planejamento de fundações e para compreender o comportamento geotécnico do solo no local.

Tabela 2 - Características do Solo por Profundidade

<b>Profundidade (m)</b>	<b>Material</b>	<b>Compactação</b>	<b>Cor</b>
0,0 – 1,5	Aterro: Areia média a fina, argilosa	Fofa	Vermelha
1,5 – 5,0	Areia média com material orgânico	Medianamente compacta	Preta
5,0 – 7,0	Areia média a fina, argilosa	Medianamente compacta	Amarela
7,0 – 15,0	Areia média a fina, siltosa	Compacta	Vermelha

Fonte: Autor (2025)

O Gráfico 1 ilustra a variação da resistência do solo medida pelo ensaio SPT ao longo das camadas investigadas. O eixo horizontal apresenta os valores de NSPT (número de golpes necessários para penetrar 30 cm no solo), enquanto o eixo vertical indica a profundidade em metros. Observa-se que a resistência do solo aumenta gradativamente com a profundidade, refletindo a presença de camadas mais densas e compactas em níveis mais profundos. Esse comportamento é típico de solos que sofrem maiores pressões geológicas com o aumento da profundidade e é um dado crucial para a definição de parâmetros de projeto para fundações e outras estruturas.



Fonte: Autor (2025)

#### 4.2 ACOMPANHAMENTO DE TERRAPLANAGEM

Os materiais empregados nos serviços de aterro são materiais sedimentares (Argilosos e/ou arenosos) isentos de turfas, material orgânico e solos expansivos, classificados como “primeira categoria” oriundos de cortes do local. Para receber o aterro, preparou-se o terreno retirando a camada vegetal ou possíveis restos de demolições. Os equipamentos utilizados foram:

- a) Trator de esteira
- b) Escavadeira Hidráulica
- c) Moto Scrapers
- d) Motoniveladora
- e) Rolo compactador pé-de-carneiro vibratório

A execução da terraplanagem consistiu na escavação do material do terreno natural acima da cota de implantação, após a conclusão total da limpeza superficial, nas cotas e limites indicados no projeto e seu respectivo transporte para as áreas de execução do aterro. A superfície sobre a qual foram lançadas as camadas iniciais de aterro foram escarificada e compactada com grau de compactação  $\geq 95\%$  do Proctor Normal dentro da umidade de  $\pm 2\%$  da umidade ótima.

O lançamento de material deve foi feito em camadas sucessivas em toda a largura da seção transversal e em extensões tal que permitam o seu umedecimento e compactação de acordo com o previsto. Para o corpo do aterro a espessura de camada não deverá ultrapassar 30 cm. Para as camadas finais está espessura se manteve em 20 cm nos últimos 60 cm com relação a cota final. Todas as camadas foram convenientemente compactadas.

Para o corpo do aterro foram compactadas na umidade ótima, mantendo-se o grau de compactação  $\geq 95\%$ , da massa específica aparente seca correspondente ao ensaio da energia de Proctor Normal obtido no laboratório. Para as camadas finais, foram também  $\geq 95\%$  da massa específica aparente seca obtida no mesmo ensaio. (segundo item 4.2 da NBR 5681).

Sobre o controle tecnológico, com base em resultados de ensaios de compactação da área estudada pela Coneresonda, foram seguidos os parâmetros estabelecidos para liberação de camadas, até que se manteve as características do solo aplicado nos aterros.

A terraplanagem ocorreu no período de 31.08.23 a 26.09.23 como mostra a tabela 1:

Tabela 3 - Relatório Diário de Campo

<b>Data</b>	<b>Clima</b>	<b>Atividade</b>	<b>Observações</b>
31.08.23	Sol	Acompanhamento do aterro ao redor das manilhas na rotatória do trecho da Rua Água Verde. Material trabalhado: solo-cimento compactado com compactador manual.	Não foi realizado ensaio.
01.09.23	Sol	Acompanhamento da drenagem na rotatória da Rua Água Branca. Escavação para tubos de drenagem na Rua Água Verde, execução das tampas. Retirada de pavers na Rua Mindu para assentamento de manilhas.	

02.09.23	Sol	Acompanhamento do assentamento das manilhas nas caixas de drenagem na Rua Água Branca.	
04.09.23	Sol	Escavação e limpeza para colocação das manilhas de drenagem na Rua Água Verde. Compactação de areia e solo com grau de compactação de 100,2% na Rua Água Branca.	Dois ensaios de densidade in situ realizados.
05.09.23	Sol	Colocação de cimento e recolocação de pavers na Rua Mindu. Aterro de solo e areia na Rua Água Verde.	
06.09.23	Sol	Continuação da escavação das manilhas de drenagem nas ruas Mindu e Água Verde.	
07.09.23	Sol	Assentamento de manilhas de drenagem e recolocação de pavers na Rua Mindu. Aterro e compactação ao redor das manilhas na Rua Água Verde.	
08.09.23	Sol	Continuação do assentamento das manilhas e recolocação de pavers nas ruas Mindu e Água Verde. Aterro e compactação ao redor das manilhas.	
11.09.23	Sol	Aterro ao redor das manilhas na Rua Mindu. Escavação para encontrar manilhas na Rua Epaminondas.	
12.09.23	Sol	Escavação para encontrar manilhas na Rua Epaminondas.	
13.09.23	Sol	Continuação da escavação para encontrar manilhas na Rua Epaminondas. Escavação de vala de drenagem na Rua Água Branca.	
14.09.23	Sol	Colocação de tubulação, compactação de solo com adição de cimento na Rua Epaminondas.	Três ensaios de densidade in situ com grau de compactação de 100,1%.
15.09.23	Sol	Compactação de solo ao redor de caixas de esgoto na Rua Água Branca. Escavação de manilhas e caixas de drenagem na Rua Epaminondas.	
18.09.23	Sol	Limpeza e assentamento de manilhas com compactação de solo, areia e cimento ao redor na Rua Água Verde.	
19.09.23	Sol	Escavação e limpeza de caixas de drenagem na Rua Água Verde. Assentamento de manilhas na Rua Epaminondas.	

20.09.23	Nublado/Chuva	Limpeza de caixas de drenagem na Rua Epaminondas.	Liberado às 14h devido à chuva.
25.09.23	Sol	Aterro com areia e cimento em camadas umedecidas na Rua Epaminondas.	
26.09.23	Sol	Forração das laterais das aduelas de acesso com areia e selagem. Lançamento de solo nas laterais.	Dois ensaios de densidade in situ com compactação de 98% e 97%. Não liberado.

Fonte: Autor (2025).

## 4.2 Etapas de pavimentação

A pavimentação realizada nos condomínios foi conduzida com um planejamento detalhado e execução precisa, com o objetivo de garantir a qualidade e durabilidade do projeto. As etapas envolvidas foram cuidadosamente desenvolvidas para atender tanto aos requisitos técnicos quanto às necessidades dos moradores, assegurando uma solução eficaz para a pavimentação urbana. A primeira fase, a preparação do terreno, envolveu a remoção da vegetação existente, bem como a eliminação de resíduos e a nivelamento do solo, criando uma base uniforme e estável para o processo subsequente.

A pavimentação no Condomínio Quintas de São José do Rio Negro, destacando a aplicação do pavimento intertravado como solução para a infraestrutura viária do local. O processo de assentamento dos blocos de paver, que estão sendo cuidadosamente colocados para garantir a uniformidade e a resistência da pavimentação. Este tipo de pavimento foi escolhido devido às suas vantagens em relação à durabilidade, manutenção e drenagem, características essenciais para lidar com as condições climáticas tropicais de Manaus. O uso do pavimento intertravado não só melhora a estética do ambiente, mas também contribui para a gestão eficiente da água das chuvas, evitando alagamentos e danos à estrutura viária. A figura ilustra o empenho da equipe na execução dessa solução sustentável e funcional.

Foi realizada uma análise do solo, onde foram feitos estudos para determinar a composição e resistência do terreno. Essa avaliação permitiu a escolha das melhores técnicas de compactação, essenciais para garantir a estabilidade da pavimentação. Com os resultados dessa análise, a compactação da base foi realizada com o uso de brita e areia, formando uma sub-base que proporciona resistência e adequada drenagem. Essa etapa é fundamental para a longevidade da pavimentação, pois garante a absorção eficiente das águas da chuva e a distribuição uniforme de cargas.

A Figura 6 ilustra o processo de instalação do paver intertravado, destacando as etapas fundamentais para a correta execução. Inicialmente, observa-se a preparação da base, que deve ser bem compactada e nivelada, garantindo a estabilidade do pavimento. Em seguida, é aplicado o colchão de areia, uma camada uniforme que serve para acomodar as peças de paver e absorver eventuais deformações. A disposição dos pavers é feita de forma alinhada, respeitando o padrão de intertravamento, o que confere resistência e durabilidade à estrutura. Por fim, o preenchimento das juntas com areia fina e a compactação final são realizados para assegurar a aderência entre as peças e a estabilidade do pavimento ao longo do tempo.

Figura 2 – Instalação do paver intertravado



Fonte: Autor (2024)

A instalação dos pavers, ou blocos intertravados, constituiu a fase seguinte do projeto. Os pavers foram colocados manualmente, com grande atenção ao

alinhamento e ao design planejado, utilizando ferramentas específicas para ajustes finos. Esse tipo de pavimento intertravado oferece vantagens notáveis, como flexibilidade estrutural e facilidade de manutenção, o que contribui para a eficiência do processo. O acabamento foi dado com a aplicação de areia fina entre os blocos e a compactação final com uma máquina vibratória, garantindo o preenchimento adequado das juntas e a estabilidade do conjunto.

A Figura 7 apresenta a etapa de alinhamento, essencial para garantir a uniformidade e o aspecto visual adequado do pavimento. Durante esse processo, as peças previamente posicionadas são ajustadas para permanecerem alinhadas de acordo com o padrão estabelecido no projeto. O uso de linhas guias ou régua auxilia na manutenção de um traçado uniforme, enquanto eventuais correções são feitas para evitar desalinhamentos que possam comprometer a estética ou a funcionalidade do pavimento. Essa etapa é crucial para assegurar que o intertravamento seja eficaz e que a carga seja distribuída de maneira uniforme sobre a superfície.

Figura 7 – Etapa alinhamento



Fonte: Autor (2024)

Após a conclusão da instalação, uma inspeção final foi realizada para verificar a uniformidade da pavimentação, o nivelamento correto e a eficiência do sistema de drenagem. Essas verificações foram essenciais para assegurar que todos os critérios de qualidade fossem atendidos antes da liberação do uso da pavimentação. O projeto foi cuidadosamente monitorado durante todas as fases, o que resultou em uma pavimentação robusta, esteticamente agradável e funcionalmente eficiente.



Figura 4 – Finalização da pavimentação  
Fonte: Autor (2024)

Em relação ao clima local de Manaus, o estudo observou que as altas temperaturas e as chuvas intensas afetam negativamente a pavimentação asfáltica, comprometendo sua durabilidade e funcionalidade ao longo do tempo. O asfalto tende a se deteriorar mais rapidamente sob essas condições climáticas extremas. Por outro lado, o paver intertravado demonstrou resistir bem a essas condições adversas, mantendo sua integridade estrutural e funcionalidade, o que reforça sua adequação para pavimentação em regiões tropicais com clima quente e chuvoso.

O uso do paver intertravado para pavimentação de áreas urbanas apresenta não apenas uma solução econômica e ambientalmente vantajosa, mas também agrega valor às propriedades. Sua durabilidade, facilidade de manutenção e resistência a condições climáticas adversas tornam-no uma escolha ideal para áreas

urbanas com alta pluviosidade e temperaturas elevadas. Diante desses benefícios, recomenda-se o uso do paver como solução preferencial para pavimentação em regiões com clima tropical e urbano.

## **4.2 Comparação entre paver intertravado e o asfalto**

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos diretamente do acervo da empresa e devidamente autorizados para a realização do trabalho. O Condomínio Rio Negro uma área distribuída entre vias internas e áreas de lazer. O uso do paver mostrou-se eficiente frente às características climáticas adversas da região, como altas temperaturas e intensos índices pluviométricos, além de ser mais sustentável em termos ambientais.

Os resultados da sondagem SPT evidenciam características geotécnicas favoráveis à aplicação do pavimento intertravado. A análise das camadas de solo mostra uma compactação crescente com a profundidade, com valores de NSPT superiores a 20 golpes nos últimos metros da sondagem, refletindo uma base estável com boa capacidade de suporte, essencial para a aplicação do pavimento. O solo superficial, embora menos compacto, pode ser estabilizado com camadas de base e sub-base adequadas, garantindo a eficiência do sistema intertravado. Diferentemente do asfalto, que exige maior preparação do terreno e pode ser sensível a deformações diferenciais do solo, o pavimento intertravado distribui as cargas de maneira mais uniforme, reduzindo problemas como fissuras e recalques.

A drenagem do local também favorece a escolha do pavimento intertravado. A ausência de lençol freático em todos os furos de sondagem, após 24 horas de monitoramento, indica um solo seco com boa capacidade de infiltração natural. A permeabilidade do paver contribui para a drenagem eficiente, permitindo a infiltração de água no solo e reduzindo o escoamento superficial, evitando alagamentos. Em contraste, o asfalto, sendo impermeável, contribui para o aumento do escoamento superficial e potencia alagamentos.

Os pavers intertravados também se destacam pela resistência às condições climáticas adversas. Mostrando-se eficiente na redução de alagamentos e no gerenciamento das águas pluviais.

A análise econômica dos custos acumulados ao longo do tempo também confirma a viabilidade do paver intertravado. Embora o custo inicial do paver seja superior, a redução nos custos de manutenção justifica o investimento a longo prazo,

com o pavimento intertravado se mostrando a opção mais econômica no médio prazo. Além disso, a capacidade de infiltração de água do paver favorece a recarga dos lençóis freáticos e reduz o escoamento superficial, o que contribui para a sustentabilidade e eficiência da infraestrutura.

Em termos de custo inicial, o pavimento intertravado apresenta valores superiores ao asfalto convencional, com custos médios de R\$ 88,04 por metro quadrado para blocos de 6 cm, e R\$ 114,74 para blocos de 10 cm, enquanto o pavimento asfáltico TSD custa R\$ 77,82 por metro quadrado. Contudo, a durabilidade e a menor necessidade de manutenção do paver compensam esse investimento. Estudos demonstram que o pavimento intertravado, apesar de ser até 15% mais caro que o asfalto, apresenta uma melhor relação custo-benefício ao longo do tempo, pela sua resistência e eficiência em drenagem (Silva, 2020).

A análise de longo prazo, considerando um período de sete a dez anos, revela que o pavimento intertravado é mais viável economicamente, pois os custos de manutenção são significativamente menores. Isso torna o paver uma opção sustentável e eficiente para regiões tropicais como Manaus, com altas temperaturas e chuvas intensas (PEREIRA et al., 2021).

A Tabela 4 apresenta um comparativo de durabilidade e custos de manutenção anual para diferentes tipos de pavimentação. O pavimento de asfalto convencional, embora tenha um custo inicial mais baixo, apresenta uma vida útil entre 8 a 12 anos, com custos de manutenção anuais que variam de R\$ 10 a R\$ 15 por metro quadrado. Já o concreto armado, com vida útil significativamente mais longa (20 a 30 anos), exige um custo anual de manutenção mais baixo, entre R\$ 5 e R\$ 8 por metro quadrado.

O pavimento permeável, que apresenta uma durabilidade de 15 a 20 anos, tem custos de manutenção mais elevados, variando entre R\$ 20 e R\$ 25 por metro quadrado, devido à sua necessidade de cuidados específicos para garantir a permeabilidade. Essa tabela evidencia a relação entre a vida útil e os custos operacionais de cada tipo de pavimento, fornecendo informações essenciais para a escolha do material mais adequado dependendo do orçamento e das necessidades do projeto.

Tabela 4 – Comparativo de durabilidade por tipo de pavimentação

<b>Tipo de Pavimentação</b>	<b>Vida Útil (anos)</b>	<b>Custo de Manutenção Anual (R\$/m<sup>2</sup>)</b>
Asfalto Convencional	8 a 12	R\$ 10 a R\$ 15

Concreto Armado	20 a 30	R\$ 5 a R\$ 8
Pavimento Permeável	15 a 20	R\$ 20 a R\$ 25

Fonte: Autor (2024)

A escolha do tipo de pavimentação para uma obra ou projeto é um aspecto crítico que envolve diversos fatores, como emissão de CO<sub>2</sub>, custo de implementação e sustentabilidade ambiental. A tabela 5 abaixo apresenta um comparativo entre diferentes tipos de pavimentação, destacando a emissão de CO<sub>2</sub> por tonelada de pavimentação e o custo de implementação por metro quadrado. Esses dados oferecem uma visão geral sobre como diferentes métodos impactam tanto o meio ambiente quanto o orçamento do projeto. A partir desses indicadores, é possível avaliar qual tipo de pavimentação atende melhor às necessidades específicas, considerando sustentabilidade e viabilidade financeira.

Os resultados obtidos a partir da análise do condomínio Quintas de São José do Rio Negro situado na Avenida do Cetur, Tarumã, Manaus-AM, evidenciam que o paver intertravado apresenta vantagens significativas em termos de funcionalidade, durabilidade e impacto ambiental, principalmente em regiões com altos índices pluviométricos. Os dados foram compilados em tabelas que sintetizam os principais achados referentes à área pavimentada, custo de manutenção, e percepção dos moradores sobre o material utilizado.

No que tange à resistência e durabilidade, os pavers intertravados mostraram-se mais eficientes em regiões com elevados índices de chuva, como Manaus. A permeabilidade do material contribuiu para a redução de alagamentos internos nos condomínios, um problema recorrente na região. Essa característica foi apontada como um dos maiores diferenciais pelos gestores do projeto.

### 4.3 Principais apontamentos

O estudo comparativo de custos revelou que, embora a instalação inicial do paver intertravado seja ligeiramente mais cara que o asfalto, sua manutenção ao longo do tempo é significativamente mais barata. O custo de manutenção do asfalto, que inclui reparos frequentes devido ao desgaste e danos causados pelas condições climáticas, mostrou-se elevado. Já os pavers, devido à sua durabilidade e resistência, exigiram menos intervenções. Além disso, o custo de reposição de pavers em áreas danificadas é relativamente baixo, visto que os blocos podem ser retirados e reutilizados em outras áreas. Isso contribui para uma economia de longo prazo no gerenciamento da pavimentação. Pimentel e Souza (2017) apontam que a economia

gerada pela menor necessidade de manutenção ao longo do tempo torna os pavers uma solução mais econômica em regiões com clima tropical e urbano.

Os resultados desta análise indicam que a pavimentação com pavers intertravados é a opção mais adequada para o Condomínio Quintas de São José do Rio Negro, considerando as condições climáticas de Manaus, os benefícios ambientais e a economia a longo prazo. Apesar do custo inicial mais alto, os pavers oferecem durabilidade, resistência, menor impacto ambiental e custos reduzidos de manutenção. Assim, a pavimentação em paver intertravado é recomendada como a solução preferencial para áreas urbanas tropicais, com condições climáticas desafiadoras, como as observadas em Manaus.

A sustentabilidade na pavimentação urbana tem ganhado destaque devido à crescente necessidade de mitigar os impactos ambientais das infraestruturas viárias. Estudos destacam a importância de considerar fatores como durabilidade, permeabilidade e eficiência energética na escolha dos materiais. O uso de soluções como pavimentos intertravados, reciclados e asfálticos otimizados é essencial para atender às demandas por infraestrutura mais sustentável. Nesse contexto, os desafios climáticos, como o aumento da temperatura e das chuvas intensas, tornam-se críticos na avaliação de desempenho dos pavimentos urbanos. Assim, tecnologias inovadoras e métodos de reaproveitamento de materiais tornam-se indispensáveis.

Conforme ressaltado por Carvalho e Silva (2022), a influência das condições climáticas adversas sobre a durabilidade dos pavimentos é um dos fatores mais determinantes na sua vida útil. As regiões tropicais, por exemplo, enfrentam desafios como ciclos de calor e umidade, que afetam a estabilidade dos materiais asfálticos. Além disso, a impermeabilidade de pavimentos convencionais contribui para a formação de ilhas de calor e enchentes urbanas. Pesquisas indicam que a utilização de materiais permeáveis e intertravados reduz significativamente esses problemas, promovendo maior resiliência climática.

A reciclagem de pavimentos é outra abordagem amplamente destacada na literatura. Lima e Farias (2021) enfatizam que o reaproveitamento de resíduos de pavimentação reduz a necessidade de extração de matérias-primas, diminuindo os impactos ambientais. No entanto, desafios como a eficiência técnica e os custos envolvidos ainda precisam ser superados para ampliar sua aplicação. Além disso, a reutilização de materiais requer normativas e incentivos governamentais para assegurar sua viabilidade econômica e técnica em larga escala.

Estudos comparativos, como o de Campos e Alves (2020), demonstram que pavimentos intertravados oferecem vantagens significativas em termos de permeabilidade e manutenção em relação ao asfalto convencional. Enquanto o asfalto apresenta maior resistência inicial, os pavers possuem um custo-benefício superior a longo prazo devido à sua durabilidade e facilidade de substituição. Esses fatores tornam os pavimentos intertravados uma alternativa atrativa para áreas urbanas vulneráveis a enchentes e desgaste prematuro.

A adoção de pavimentos permeáveis também tem papel crucial na gestão de águas pluviais e na prevenção de enchentes. Silva e Pereira (2021) destacam que a capacidade de infiltração dos pavers reduz significativamente o volume de escoamento superficial, minimizando o risco de alagamentos. Além disso, essa tecnologia auxilia na recarga de aquíferos, promovendo maior equilíbrio hídrico em áreas urbanas. Contudo, sua implementação ainda enfrenta barreiras, como custos iniciais elevados e necessidade de manutenção específica.

Outro aspecto relevante é o impacto térmico dos materiais de pavimentação. Pesquisas de Carvalho e Mendes (2022) mostram que materiais permeáveis e de cores claras podem reduzir a absorção de calor, amenizando o efeito das ilhas de calor urbanas. Isso é particularmente importante em áreas densamente povoadas, onde temperaturas elevadas podem agravar problemas de saúde pública. Assim, a escolha adequada de materiais pode contribuir tanto para o conforto térmico quanto para a eficiência energética das cidades.

Embora as soluções sustentáveis em pavimentação apresentem vantagens ambientais, os custos associados à sua implementação ainda são considerados altos. Estudos como os de Costa e Andrade (2019) indicam que a adoção de tecnologias sustentáveis depende de investimentos iniciais significativos, mas que, a longo prazo, oferecem economia com manutenção e maior durabilidade. Assim, políticas públicas e incentivos fiscais são essenciais para estimular a transição para práticas mais sustentáveis na infraestrutura urbana.

A sustentabilidade em pavimentação está intrinsecamente ligada ao planejamento urbano. Oliveira e Lopes (2020) sugerem que a escolha de materiais permeáveis e intertravados deve ser integrada a projetos de drenagem e urbanização. Essa abordagem holística pode aumentar a eficiência do sistema viário e reduzir custos operacionais. Além disso, o envolvimento da comunidade e de stakeholders na tomada de decisões fortalece a implementação de soluções sustentáveis.

Inovações tecnológicas, como o uso de polímeros e aditivos em pavimentos, têm potencial para ampliar a durabilidade e reduzir os impactos ambientais.

Ferreira e Moura (2021) destacam o papel de novas metodologias de avaliação de ciclo de vida para embasar decisões mais sustentáveis. A combinação dessas inovações com o reaproveitamento de resíduos pode revolucionar o setor, tornando-o mais eficiente e ambientalmente responsável. Em resumo, a discussão sobre sustentabilidade em pavimentação evidencia a importância de soluções inovadoras para mitigar os impactos ambientais e sociais das infraestruturas viárias. Apesar dos desafios econômicos e técnicos, os benefícios ambientais e sociais justificam a transição para práticas mais sustentáveis. Recomenda-se, portanto, maior incentivo a políticas públicas, investimentos em pesquisa e disseminação de boas práticas como caminhos para consolidar a sustentabilidade no setor de pavimentação urbana.

## 5 Conclusão

A análise detalhada dos projetos de pavimentação e drenagem realizados no condomínio Quintas de São José do Rio Negro em Manaus destacou a eficiência e a viabilidade dos pavers intertravados como solução preferencial para regiões tropicais. Considerando as condições climáticas locais, caracterizadas por altas temperaturas e chuvas intensas, o uso desse tipo de pavimento demonstrou resultados superiores em termos de funcionalidade, resistência e sustentabilidade. A substituição gradual do asfalto pelos pavers no Condomínio Quintas de São José do Rio Negro revelou uma redução significativa nos custos de manutenção, além de um desempenho mais eficiente na gestão das águas pluviais, minimizando alagamentos e danos estruturais.

Outro aspecto relevante é a adaptabilidade dos pavers intertravados para diferentes tipos de solo e condições geográficas. No caso de Manaus, o clima quente e úmido exige soluções que resistam ao desgaste causado pelas mudanças bruscas de temperatura e à pressão da água durante o período chuvoso. Os pavers se destacaram pela capacidade de suportar cargas elevadas, como tráfego de veículos pesados, sem perder a eficiência na drenagem. Além disso, sua facilidade de instalação e reparo contribui para a redução de transtornos em casos de manutenção, algo que não ocorre com pavimentos asfálticos, que geralmente demandam obras mais complexas e demoradas.

Os pavers intertravados apresentam diversas vantagens em comparação ao asfalto convencional. Apesar do custo inicial mais elevado, sua durabilidade superior e a menor necessidade de manutenção ao longo do tempo comprovam sua eficiência econômica. A permeabilidade do material é outro diferencial relevante, permitindo a infiltração de água no solo e contribuindo para a recarga dos lençóis freáticos. Além disso, sua flexibilidade estrutural reduz problemas como fissuras e recalques, que são comuns em pavimentos asfálticos, especialmente em solos sujeitos a deformações diferenciais.

O estudo geotécnico da área reforçou a adequação dos pavers intertravados às condições locais. A análise do solo evidenciou boa capacidade de suporte e ausência de lençol freático, fatores que favorecem a instalação desse tipo de pavimento. Em contraste, o asfalto mostrou-se mais sensível às condições do terreno e às intempéries, necessitando de reparos frequentes e apresentando maior

deterioração ao longo do tempo. Essas características tornam os pavers uma alternativa mais robusta e sustentável para o clima tropical de Manaus.

Os benefícios ambientais também são um destaque do uso dos pavers intertravados. Fabricados com materiais recicláveis, eles reduzem a emissão de CO<sub>2</sub> durante sua produção e aplicação. Sua permeabilidade contribui para a diminuição do escoamento superficial e para a prevenção de alagamentos urbanos, alinhando-se às práticas de urbanização sustentável. Esse diferencial é especialmente relevante em cidades como Manaus, onde a gestão eficiente das águas pluviais é um desafio constante.

A experiência do Condomínio Quintas de São José do Rio Negro e os resultados apresentados comparativas mostram que o uso dos pavers é uma solução eficaz tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Enquanto o asfalto convencional se mostrou menos durável e mais caro ao longo do tempo, os pavers intertravados provaram ser uma escolha mais adequada para áreas com altos índices pluviométricos. A percepção positiva dos moradores e gestores reforça a superioridade dessa solução para infraestrutura viária em regiões tropicais.

Em conclusão, os pavers intertravados são a opção ideal para pavimentação em Manaus, considerando suas vantagens técnicas, econômicas e ambientais. Sua adoção em projetos urbanos deve ser incentivada, não apenas pelo custo-benefício a longo prazo, mas também pela contribuição para a sustentabilidade e a resiliência urbana. Assim, recomenda-se que futuros projetos de infraestrutura priorizem esse tipo de pavimento, garantindo qualidade, durabilidade e eficiência em áreas urbanas sujeitas a condições climáticas adversas.

O pavimento intertravado é a solução mais adequada para pavimentação em regiões tropicais, como Manaus. Sua combinação de vantagens técnicas, econômicas e ambientais, como durabilidade, baixo custo de manutenção, eficiência na drenagem e sustentabilidade, o torna a melhor alternativa em comparação ao asfalto convencional, especialmente em áreas com alta pluviosidade. A análise reflete a importância de considerar as condições locais no planejamento de projetos de pavimentação, garantindo infraestrutura de qualidade a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P.; FREITAS, L. F. Estabilização de solos para reabilitação de pavimentos: uma revisão de métodos e aplicações. *Revista de Engenharia de Transportes*, v. 27, n. 2, p. 45-56, 2022.
- ALMEIDA, J. S.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, R. P. Influência do clima tropical na durabilidade de pavimentos urbanos: Uma análise comparativa. *Revista de Engenharia Urbana*, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2021.
- ALMEIDA, João; OLIVEIRA, Marina. Durabilidade de pavimentos em condições climáticas adversas: uma análise comparativa. *Revista de Engenharia Civil*, v. 34, n. 2, p. 210-225, 2021.
- ALMEIDA, R. C.; SILVA, F. T. Desempenho estrutural de pavimentos asfálticos: Uma abordagem prática. *Revista Engenharia e Transporte*, v. 18, n. 3, p. 45-58, 2021.
- ALMEIDA, R. C.; SILVA, F. T.; PEREIRA, J. L. Pavimentos permeáveis: Soluções para controle de enchentes. *Revista Engenharia Urbana*, v. 18, n. 3, p. 45-58, 2020.
- ALMEIDA, T.; SILVA, R.; LOPES, M. Avaliação do ciclo de vida de pavimentos urbanos. *Revista de Engenharia Sustentável*, v. 5, n. 2, p. 45-62, 2019.
- ARAUJO, L.; CASTRO, G. Pavers e urbanização sustentável: um estudo comparativo. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v. 4, n. 3, p. 78-95, 2022.
- BARROS, R. L.; OLIVEIRA, J. P.; MOURA, A. S. Pavimentação flexível: conceitos e aplicações. *Revista de Infraestruturas Viárias*, v. 14, n. 2, p. 45-56, 2021.
- CAMPOS, F.; ALVES, J.; RIBEIRO, C. Análise térmica de pavimentos urbanos: asfalto versus pavers. *Engenharia e Sustentabilidade*, v. 6, n. 1, p. 112-129, 2020.
- CAMPOS, V.; ALVES, S. Comparação entre pavimentos intertravados e asfalto. *Journal of Sustainable Infrastructure*, v. 12, n. 4, p. 105-120, 2020.
- CARVALHO, D.; MENDES, E. Desempenho térmico em materiais de pavimentação. *Revista Brasileira de Tecnologia*, v. 20, n. 5, p. 110-125, 2022.
- CARVALHO, J. P.; SILVA, M. L. Impactos das condições climáticas na durabilidade de pavimentos. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2022.
- CARVALHO, M. F.; MOURA, T. A. Sustentabilidade econômica no reaproveitamento de materiais de pavimentação. *Infraestrutura em Foco*, v. 15, n. 1, p. 101-115, 2023.
- CARVALHO, M.; MENDES, L. O impacto das ilhas de calor em áreas urbanas: uma análise de materiais. *Climatologia Aplicada*, v. 8, n. 4, p. 56-72, 2022.
- CARVALHO, P. A.; MOURA, J. R. Alternativas sustentáveis para pavimentação urbana. *Revista de Infraestrutura Verde*, v. 12, n. 4, p. 78-92, 2022.

CARVALHO, P. A.; MOURA, J. R. Pavimentos intertravados e suas aplicações urbanas. *Caderno de Engenharia Civil*, v. 12, n. 4, p. 78-92, 2019.

COSTA, A. F.; FERREIRA, T. R. Impactos climáticos na estabilidade de pavimentos asfálticos. *Revista Brasileira de Infraestrutura*, v. 15, n. 2, p. 100-115, 2020.

COSTA, M. E.; ALMEIDA, L. P.; SOUZA, T. R. Sistemas de drenagem em pavimentos flexíveis. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 18, n. 1, p. 23-35, 2023.

COSTA, P.; ANDRADE, R. Aspectos econômicos e sustentabilidade em pavimentação. *Simpósio de Economia e Sustentabilidade*, v. 6, n. 2, p. 65-80, 2019.

COSTA, Renato; BARROS, Juliana. Desempenho do paver intertravado em regiões tropicais: vantagens e desafios. *Revista Brasileira de Infraestrutura*, v. 18, n. 1, p. 45-62, 2020.

COSTA, V.; ANDRADE, P. Pavimentação sustentável: o papel do paver na redução de impactos ambientais. *Revista de Tecnologia e Meio Ambiente*, v. 7, n. 2, p. 34-50, 2019.

FERNANDES, L.; SANTOS, A.; PEREIRA, M. Consumo energético na produção de materiais de pavimentação. *Revista de Engenharia*, v. 9, n. 2, p. 123-141, 2020.

FERREIRA, J.; MOURA, T. Sustentabilidade em pavimentação: desafios e perspectivas. *Revista de Infraestrutura Urbana*, v. 10, n. 3, p. 89-104, 2021.

FERREIRA, L. S.; COSTA, P. R. Sustentabilidade em pavimentação: O papel do paver intertravado. *Revista de Construção Civil Sustentável*, v. 8, n. 4, p. 80-94, 2022.

FERREIRA, L. S.; MARTINS, F. C.; RIBEIRO, A. P. Avaliação da performance de pavimentos flexíveis em rodovias brasileiras. *Revista de Transporte e Mobilidade Urbana*, v. 12, n. 3, p. 78-89, 2023.

FERREIRA, Lucas; COSTA, Daniela. Eficiência dos materiais permeáveis na pavimentação urbana: estudo de caso em Manaus. *Engenharia Urbana*, v. 10, n. 4, p. 34-47, 2022. 1, p. 14-28, 2020.

FERREIRA, T.; MOURA, P. Inovações tecnológicas em pavimentação sustentável. *Conferência Internacional de Inovação em Engenharia*, v. 14, n. 4, p. 95-110, 2021.

GOMES, P.; SILVA, H.; LIMA, J. Ciclo de vida de pavimentos: impactos e soluções. *Engenharia Civil e Sustentabilidade*, v. 5, n. 3, p. 64-80, 2021.

LIMA, A.; FARIAS, C. Reciclagem de pavimentos: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Engenharia*, v. 11, n. 4, p. 45-59, 2021.

LIMA, R. S.; SANTOS, G. M. Pavimentação asfáltica: uma análise comparativa entre soluções flexíveis e rígidas. *Caderno de Engenharia de Transportes*, v. 9, n. 4, p. 12-25, 2022.

LIMA, R.; FARIAS, A. Reciclagem de materiais em pavimentação sustentável. Congresso Nacional de Engenharia de Trânsito, v. 10, n. 3, p. 78-90, 2021.

MARTINS, R.; SILVEIRA, E. Poluição hídrica e pavimentação: uma abordagem comparativa. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 98-115, 2022.

OLIVEIRA, F.; LOPES, G. Integração de planejamento urbano com soluções sustentáveis em pavimentação. *Revista de Planejamento Urbano*, v. 18, n. 3, p. 50-70, 2020.

OLIVEIRA, T.; LOPES, G. Drenagem urbana e o impacto de materiais impermeáveis. *Revista de Urbanismo*, v. 6, n. 2, p. 75-92, 2020.

PEREIRA, C.; SOUZA, M. Análise de ciclo de vida de pavimentos urbanos. *Engenharia Sustentável*, v. 3, n. 1, p. 32-48, 2020.

RAMOS, S.; FREITAS, F. Pavimentação e sustentabilidade: avanços e tendências. *Revista Brasileira de Infraestrutura*, v. 9, n. 4, p. 112-130, 2023.

ROCHA, V.; BARROS, F. Pavimentação e qualidade de vida: um estudo aplicado. *Revista de Engenharia Urbana*, v. 2, n. 1, p. 58-74, 2021.

SANTOS, P.; ALVES, G.; MORAES, T. Durabilidade de pavimentos urbanos: um estudo de caso. *Revista de Engenharia Civil*, v. 8, n. 3, p. 89-105, 2021.

SILVA, C.; PEREIRA, L. Pavimentos permeáveis e gestão de águas pluviais. Encontro Nacional de Gestão Ambiental, v. 8, n. 1, p. 30-45, 2020.

SILVA, J.; PEREIRA, R.; FERREIRA, T. Permeabilidade urbana e pavimentação sustentável. *Revista Brasileira de Engenharia e Meio Ambiente*, v. 5, n. 2, p. 48-66, 2021.

SOUZA, D. R.; SILVA, E. A. Manutenção preventiva de pavimentos flexíveis: estudo de caso em rodovias estaduais. *Revista de Infraestruturas*, v. 10, n. 2, p. 65-77, 2022.