



NOTA TÉCNICA 01/2026

**CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DE SOLUÇÕES DE
PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS DO ESTADO DO PIAUÍ**

DFINFRA
TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO PIAUÍ

APRESENTAÇÃO

Esta Nota Técnica foi elaborada pelo Tribunal de Contas do Estado do Piauí direcionada aos gestores públicos sob jurisdição desta Corte, no intuito de fornecer orientação técnica para a escolha mais adequada do tipo de pavimentação a ser adotada nas vias locais dos Municípios do Piauí.

Comumente, órgãos da Administração Estadual e Municipal têm adotado como solução de pavimentação de vias urbanas o paralelepípedo de rocha ou o pavimento asfáltico sem, contudo, elaborar estudo técnico preliminar adequado que avalie as razões técnicas e econômicas para a escolhas dessas soluções.

Nota-se que tais escolhas, frequentemente, não consideram um diagnóstico mais preciso da via a ser pavimentada, como a classificação da demanda de tráfego, a verificação da infraestrutura subterrânea existente, gastos futuros com manutenção e parâmetros de segurança viária e conforto para a população, características essas que deveriam nortear a escolha da solução a ser implantada.

Nesse sentido, esta nota técnica tem o objetivo de propor uma orientação aos gestores públicos estaduais e municipais para que planejem os investimentos em pavimentação com base em parâmetros técnicos, evidenciando a solução mais adequada ao interesse público ao longo de todo o ciclo de vida útil do pavimento, com vistas à economicidade e a vantajosidade da escolha em termos de durabilidade, resistência e redução dos custos de manutenção. Isso vai ao encontro do que preconiza a definição do Estudo Técnico Preliminar (ETP) da Lei nº 14.133/2021, a qual determina a necessidade de identificação da solução que melhor atende ao interesse público, mediante análise comparativa de alternativas, avaliação de custos sob a ótica do ciclo de vida, estimativa de impacto econômico e justificativa técnica da opção selecionada, assegurando que a contratação se baseie em critérios de eficiência, sustentabilidade e racionalidade no emprego dos recursos públicos.

ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Camadas de uma Pavimento.	8
Figura 2 – Rua empoeirada por falta de pavimentação.....	9
Figura 3 – Via com formação de lamaçais.	10
Figura 4 – Antes e depois de via pavimentada.	12
Figura 5 – Antes e depois de obra de pavimentação.	13
Figura 6 – Locomoção em vias pavimentadas.....	17
Figura 7 – Ilustração da Pavimentação em Paralelepípedo.....	21
Figura 8 – Ilustração dos esforços suportados pelo paralelepípedo.....	22
Figura 9 - Revestimento de paralelepípedo com dimensões médias dos blocos de 10 cm de largura, 20 cm de comprimento e 15 cm de altura.	24
Figura 10 - Etapas de uma pavimentação com revestimento em paralelepípedo.....	27
Figura 11 – Pavimentação com Intertravado de Concreto.	30
Figura 12 – Pavimentação com Intertravado de Concreto.	31
Figura 13 – Perfil da Pavimentação Intertravada de Concreto.....	31
Figura 14 – Perfil da Pavimentação Asfáltica.	32
Figura 15 – Pavimentação Asfáltica na Avenida Raul Lopes.	34
Figura 16 – Patologias em Calçamento – Desagregação/Panela.....	36
Figura 17 – Patologias em Calçamento – Desagregação.....	36
Figura 18 – Patologias em Pavimentação Intertravado do tipo deslocamento e desnível das peças.....	37
Figura 19 – Patologias em Pavimentação Asfáltica do tipo afundamento em trilha de roda.....	38
Figura 20 – Patologias em Pavimentação Asfáltica do tipo panela.....	39
Figura 21 – Patologias em Pavimentação Asfáltica do tipo remendo.....	39
Figura 22 - Principais critérios de seleção de pavimentação.....	40
Figura 23 – Infraestrutura Subterrânea no Pavimento.	41
Figura 24 – Concessão de Serviços de Água e esgoto no Piauí.	42
Figura 25 – Afundamento de vala, Rua Des. Mota, bairro	44
Figura 26 – Diagrama Velocidade x Tipo de Pavimento.....	47
Figura 27 – Índice de condição do Pavimento Intertravado de Concreto.	52
Figura 28 – Comparativo dos custos de implantação e manutenção das soluções (R\$/m ²).....	54
Figura 29 – Medições de Temperatura nos Tipos de Pavimento em Teresina.	56

Figura 30 – Medições de Temperatura no Asfalto em Teresina.....	57
Figura 31 – Média geral da temperatura do ambiente, segundo o tipo de pavimentação.	57
Figura 32 – Temperaturas do ambiente medidas por turno, segundo o tipo de pavimentação.....	58
Figura 33 – Medição de Temperatura em Pavimento de Paralelepípedo.....	59
Figura 34 – Medição de Temperatura em Pavimento asfáltico, concreto e intertravado.	60
Figura 35 – Custos de implantação do Pavimento Intertravado.	71
Figura 36 – Plano de Manutenção e Reabilitação do Pavimento intertravado.....	71
Figura 37 – Custos de Implantação dos pavimentos Asfáltico, intertravado e Concreto.	72
Figura 38 – Custos de manutenção e reabilitação dos pavimentos Asfáltico, intertravado e Concreto.....	72

SUMÁRIO

1. Introdução.....	6
2. O que é um Pavimento?	7
3. Quais os benefícios de uma via bem pavimentada?.....	8
3.1. Redução de Poeira e Eliminação de Lamaçais	8
3.2. Reflexos na Saúde Pública	10
3.3. Salubridade em Áreas Comerciais e de Serviços Públicos.....	10
3.4. Conforto ao Rolamento	11
3.5. Segurança Viária e Comportamento da Velocidade.....	13
3.6. Custos de Manutenção dos Veículos.....	14
3.7. Melhora na Acessibilidade.....	14
3.8. Valorização Imobiliária e Desenvolvimento Socioeconômico Local.....	17
4. O que é um Estudo Técnico Preliminar (ETP)?	18
5. Principais soluções de pavimentação disponíveis no Estado do Piauí	19
5.1. Pavimentação em Paralelepípedo.....	20
5.2. Pavimentação Intertravada de Concreto.....	27
5.3. Pavimentação Asfáltica	31
6. Quais as principais patologias em pavimentos?.....	34
6.1. Pavimentação em Paralelepípedo.....	35
6.2. Pavimentação Intertravada de Concreto.....	36
6.3. Pavimentação Asfáltica	37
7. Quais os critérios para seleção da solução de pavimentação?.....	39
7.1. Infraestrutura Subterrânea de Saneamento.....	40
7.2. Demanda de Tráfego	44
7.3. Custo do Ciclo de Vida Útil do Investimento.....	47
7.4. Conforto Térmico	55
8. CONCLUSÃO	60
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

10.	APÊNDICE A.....	67
10.1.	Pavimentação Asfáltica – Custo Implantação.....	67
10.2.	Pavimentação em Intertravado de Concreto – Custo Implantação.....	69
10.3.	Pavimentação em Paralelepípedo – Custo Implantação.	70
10.4.	Apêndice B.....	71

1. Introdução

A pavimentação de vias públicas constitui um dos principais componentes da infraestrutura urbana, ao lado dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem, formando o conjunto básico necessário ao funcionamento adequado das cidades.

Além de estruturar a mobilidade urbana, um dos grandes benefícios da pavimentação é a melhoria das condições sanitárias das cidades. Por exemplo, vias não pavimentadas e submetidas ao tráfego de veículos podem gerar grandes volumes de poeira em suspensão, que se espalham para residências, estabelecimentos comerciais e espaços públicos, comprometendo a limpeza urbana e a saúde da população. Nesse sentido, a pavimentação das vias proporciona um ambiente mais salubre e agradável para os moradores, com ganhos na qualidade do ar, na higiene das vias e, consequentemente, no bem-estar das comunidades atendidas.

Os benefícios também se estendem ao uso econômico dos espaços urbanos. A pavimentação das vias, por exemplo, beneficia a acessibilidade durante períodos chuvosos, ao reduzir a formação de lama e facilitar o deslocamento de pessoas e veículos até as áreas comerciais. Esse ambiente mais estruturado fortalece as atividades econômicas já existentes e favorece a instalação de novos empreendimentos, consolidando a pavimentação como um vetor de desenvolvimento local, além de valorizar os imóveis em seu entorno.

Em relação a acessibilidade urbana, a pavimentação também apresenta benefícios. Uma via pública adequadamente pavimentada oferece aos seus usuários melhores condições de regularidade e segurança, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida, cadeirantes, idosos e crianças.

Por outro lado, em cidades de clima quente, predominantes no contexto do Piauí, a escolha do tipo de pavimento influencia o conforto térmico e o comportamento da drenagem urbana, aspectos essenciais diante de eventos climáticos cada vez mais intensos. Pavimentos permeáveis ou de maior refletância, como blocos intertravados e paralelepípedos de rocha, podem contribuir para mitigar ilhas de calor e favorecer a infiltração de água no solo, auxiliando na prevenção de alagamentos.

Nesse contexto, esta Nota Técnica tem por finalidade apoiar os gestores na seleção do tipo de pavimento mais adequado às vias urbanas, reunindo os principais conceitos de engenharia viária, os benefícios associados à pavimentação e as premissas do Estudo Técnico Preliminar exigido pela Lei nº 14.133/2021. Apresenta, ainda, as soluções de pavimentação mais utilizadas na realidade piauiense, assim como as definições e principais características, bem como os fatores que podem orientar a decisão do

gestor, entre eles a existência de infraestrutura de saneamento, a demanda de tráfego prevista, os aspectos ambientais e, sobretudo, a análise dos custos ao longo do ciclo de vida do pavimento e dos benefícios esperados pelos usuários. Por fim, este documento propõe um fluxograma recomendatório de tomada de decisão com critérios para subsidiar a escolha mais vantajosa para o interesse público.

2. O que é um Pavimento?

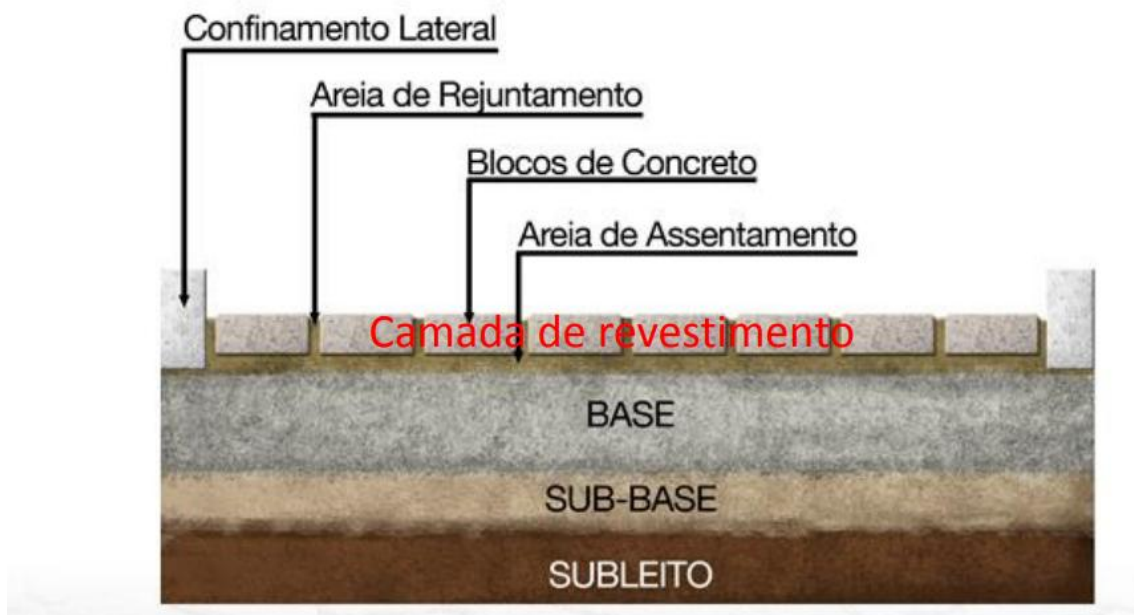
Visando subsidiar os demais tópicos dessa nota técnica, é necessário esclarecer o conceito técnico de pavimento e as funções desempenhadas por suas camadas.

Em síntese, um pavimento é composto pelo revestimento superficial, que recebe diretamente as cargas do tráfego e protege as camadas inferiores; pela base, responsável por suportar e distribuir essas cargas; e, quando necessário, por sub-base, reforço ou regularização do subleito, destinadas a aumentar a capacidade de suporte do conjunto. Cada camada possui função própria e contribui para a resistência da estrutura, para a adequada distribuição das tensões ao solo e para a qualidade do rolamento ao longo do tempo.

Sob a perspectiva estrutural, os pavimentos classificam-se em duas categorias principais: rígidos e flexíveis. Nos pavimentos rígidos, a camada superior apresenta elevada rigidez e trabalha predominantemente à tração, de forma que o dimensionamento estrutural depende essencialmente da resistência da camada de superfície (CONFEA, 2005, p. 12). Já nos pavimentos flexíveis, a distribuição das cargas se dá de maneira progressiva entre as camadas, sendo a capacidade de suporte do subleito o fator determinante para o dimensionamento (CONFEA, 2005, p. 13). Há ainda soluções intermediárias, denominadas semi-rígidas ou semi-flexíveis, que combinam características de ambos os tipos.

Figura 1 – Camadas de uma Pavimento.

Pavimento Intertravado



Fonte: DFINFRA/TCE-PI.

3. Quais os benefícios de uma via bem pavimentada?

A pavimentação de vias urbanas produz ganhos diretos e imediatos para a população, influenciando a qualidade de vida, a saúde, a acessibilidade e a dinâmica econômica local. Os tópicos seguintes trazem os principais benefícios notados com a pavimentação das vias urbanas.

3.1. Redução de Poeira e Eliminação de Lamaçais

A pavimentação urbana proporciona melhoria imediata nas condições ambientais das vias ao reduzir drasticamente a poeira em suspensão e eliminar a formação de lamaçais.

O estudo "Supressão de Poeira em Estradas Não Pavimentadas: Revisão do Estado da Arte da Pesquisa" do autor Subbir Parvej afirma que vias sem pavimentação podem ser responsáveis por até um terço das emissões de partículas inaláveis em áreas urbanas, afetando diretamente a saúde dos moradores e a higiene de residências, comércio e serviços públicos (PARVEJ, 2021).

Nesse contexto, a pavimentação é reconhecida como o método mais eficaz e duradouro de supressão de poeira, alcançando reduções próximas de 90% nas emissões de partículas e evitando que essas substâncias retornem ao ambiente após a ação do tráfego ou das chuvas (Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 2021).

Além disso, uma via pavimentada tende a reduzir a formação de lama durante o período chuvoso, facilitando o deslocamento de pedestres, estudantes, pessoal com mobilidade reduzida e trabalhadores. Assim, pode-se citar como benefício direto da pavimentação das vias a redução na formação de lama, bem como seus reflexos positivos na mobilidade e saneamento do ambiente urbano.

Portanto, independentemente do tipo de solução de pavimentação adotada, o revestimento adequado da via oferece benefícios imediatos para a qualidade de vida da população.

Nas figuras a seguir é possível observar exemplos de vias sem pavimentação, com ênfase em ruas empoeiradas e com formação de lamaçais.

Figura 2 – Rua empoeirada por falta de pavimentação.



Fonte: <https://www.campograndenews.com.br/direto-das-ruas/poeira-de-obras-no-nova-campo-grande-vira-transtorno-para-moradores-da-rua-26> acessado em 2 de dezembro de 2025.

Figura 3 – Via com formação de lamaçais.



Fonte: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/lama-traffic-e-abandono-os-problemas-que-afligem-a-maior-favela-do-pais> acessado em 2 de dezembro de 2025.

3.2. Reflexos na Saúde Pública

A diminuição da poeira e da lama decorrente da pavimentação traz ganhos diretos à saúde pública. Em vias de leito natural, popularmente conhecidas como “estrada de terra”, a poeira suspensa pelo tráfego agrava quadros de asma, bronquite, rinite e outras doenças respiratórias, sobretudo entre crianças, idosos e pessoas com maior vulnerabilidade. Com a pavimentação, essa exposição é reduzida, diminuindo a incidência dessas patologias.

O estudo “Supressão de Poeira em Estradas Não Pavimentadas: Revisão do Estado da Arte da Pesquisa”, já citado anteriormente, indica que a redução de poeira e lama contribui também para a redução da incidência de doenças dermatológicas, irritações oculares e alergias, pois vias não pavimentadas podem representar parcela significativa das emissões de partículas inaláveis, cuja exposição prolongada está associada ao agravamento dessas doenças (PARVEJ, 2021).

Um exemplo prático foi constatado no Paraná, onde autoridades sanitárias identificaram a poeira de ruas não pavimentadas como fator crítico para o aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares, motivando investimentos em pavimentação para proteção da saúde da população (Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 2021).

3.3. Salubridade em Áreas Comerciais e de Serviços Públicos

A pavimentação das vias melhora as condições de salubridade em áreas comerciais e facilita também o acesso a serviços públicos. Em vias não pavimentadas, a

poeira invade lojas, escolas, unidades de saúde e repartições, acumulando-se sobre produtos, equipamentos e ambientes internos, enquanto a lama em dias chuvosos dificulta o acesso de clientes, estudantes, pacientes e servidores. Artigo publicado pelo governo do Estado do Paraná, já citado anteriormente, indica que a pavimentação reduz significativamente a dispersão de poeira para o interior dos imóveis, contribuindo para ambientes mais limpos e adequados ao atendimento público e às atividades comerciais.

Vale ressaltar que a presença de meio-fio e drenagem adequada reforçam esse efeito, dotando as áreas comerciais de maior salubridade e facilidade de acesso.

3.4. Conforto ao Rolamento

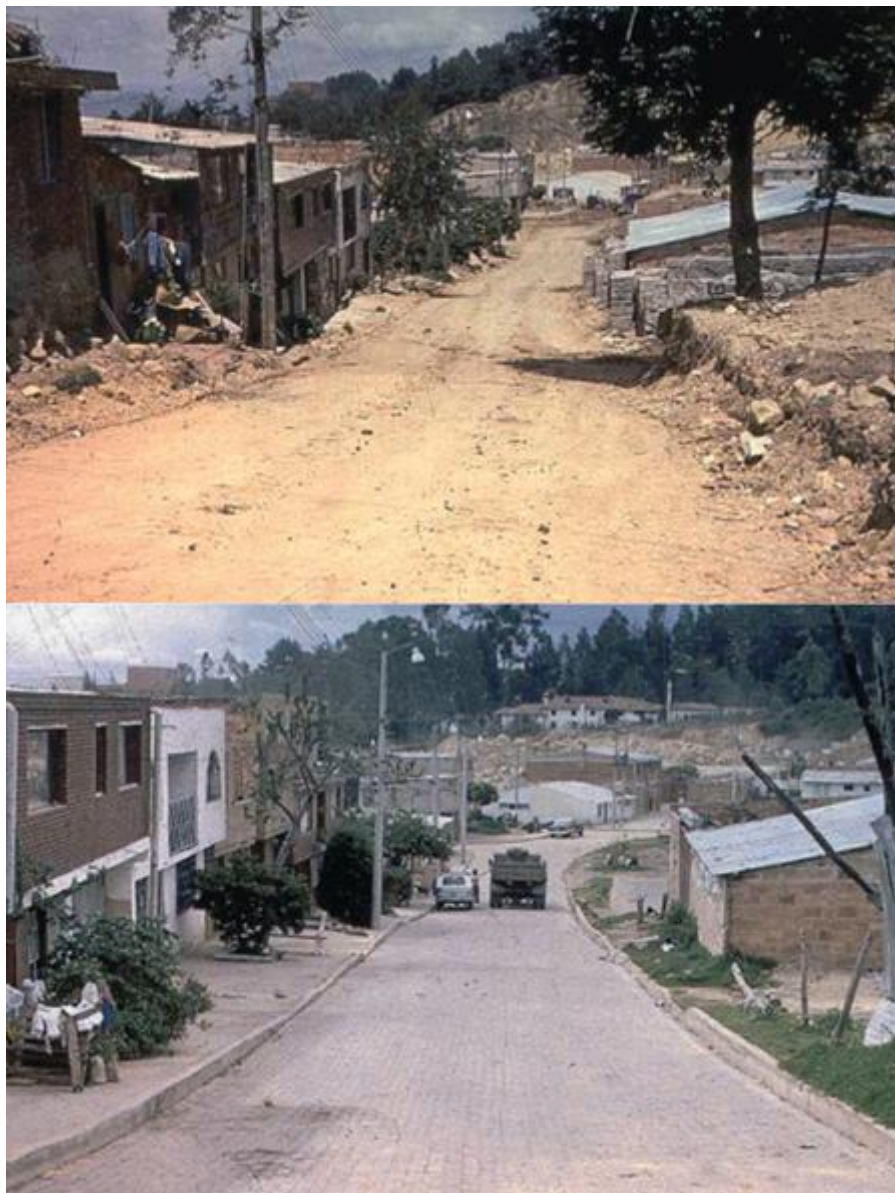
A pavimentação, quando executada adequadamente, melhora de forma significativa o conforto ao rolamento, que é o termo que representa o nível de trepidação e desconforto ao transitar por uma via. Vias não pavimentadas apresentam irregularidades naturais, buracos, ondulações e partes soltas que geram trepidações constantes, vibração excessiva, ruído elevado e menor previsibilidade no tráfego.

Assim, justifica-se a pavimentação porque o leito natural, em condições originais, não possui resistência e regularidade suficientes para suportar adequadamente as solicitações de rolamento dos veículos, o que compromete o conforto, a segurança e a durabilidade da própria via.

Com a execução do pavimento, essas limitações estruturais são superadas, pois a superfície torna-se mais uniforme, reduzindo a vibração transmitida ao veículo e aos ocupantes, aumentando a estabilidade direcional e diminuindo o esforço físico e mental durante a condução.

A literatura acerca de engenharia viária demonstra que o conforto percebido pelos usuários está diretamente associado à regularidade longitudinal da via, parâmetro mensurado pelo Índice Internacional de Irregularidade (III), referência mundial para avaliação da suavidade do rolamento. Quanto menor o III, maior o conforto e a qualidade do deslocamento; vias pavimentadas apresentam, em geral, valores significativamente inferiores aos de vias sem revestimento, refletindo menor vibração e menor ruído durante o tráfego (WORLD BANK, 2005; FHWA, 2012). Pesquisas também indicam que a redução de vibração contribui para menor fadiga dos condutores, maior segurança operacional e, conseqüentemente, maior conforto durante o uso cotidiano (ŽURAILIS et al., 2021).

Figura 4 – Antes e depois de via pavimentada.



Fonte: Confea, 2005.

Figura 5 – Antes e depois de obra de pavimentação.



Fonte: <https://web.arapiraca.al.gov.br/> acessado em 12 de novembro de 2025.

3.5. Segurança Viária e Comportamento da Velocidade

A pavimentação influencia diretamente a segurança viária ao afetar a predisposição ao desenvolvimento de velocidade dos condutores. Superfícies pavimentadas, por serem mais regulares e aderentes que o leito natural, aumentam a sensação de controle e segurança, o que frequentemente leva à elevação involuntária da velocidade, quando não há dispositivos de moderação. O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (DENATRAN, 2018) destaca que a melhoria da superfície de rolamento tende a elevar a velocidade operacional das vias, ampliando o risco de colisões e atropelamentos, especialmente em áreas urbanas.

O IPEA (2015) aponta que vias pavimentadas induzem maior velocidade e variabilidade entre veículos, exigindo contramedidas como sinalização adequada, faixas estreitas, travessias elevadas e fiscalização. A OMS (2018) demonstra que pequenas

reduções de velocidade — de 5 a 10 km/h — diminuem significativamente a gravidade dos acidentes, evidenciando a importância do acalmamento de tráfego em ambientes urbanos. No mesmo sentido, o Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) confirma que superfícies mais regulares estão associadas a velocidades maiores, demandando cuidado no planejamento viário.

Embora a pavimentação reduza riscos típicos de vias de terra, como perda de controle, derrapagens e obstáculos imprevisíveis, ela também elimina barreiras naturais à velocidade. Assim, para que contribua efetivamente para a segurança viária, a pavimentação deve ser acompanhada de um desenho de via compatível com a velocidade desejada e escolha adequada do tipo de pavimentação para cada local, priorizando a proteção de pedestres e garantindo um ambiente de circulação seguro e previsível.

3.6. Custos de Manutenção dos Veículos

A pavimentação exerce impacto direto sobre os custos de manutenção dos veículos, uma vez que a condição da via influencia o nível de vibração, esforço mecânico e desgaste dos componentes automotivos. Vias irregulares geram trepidações constantes, aumentando solicitações sobre suspensão, pneus, sistema de direção e demais partes mecânicas. Buracos, ondulações e superfícies soltas produzem impactos repetitivos que elevam a necessidade de alinhamento, troca de amortecedores e reparos estruturais, além de aumentar o consumo de combustível.

O estudo de engenharia viária do Highway Development and Management Model (HDM-4) demonstra que vias com maior irregularidade superficial resultam em custos maiores, devido ao aumento do consumo de combustível, desgaste acelerado de pneus e maior deterioração mecânica (BANCO MUNDIAL, 2000). Da mesma forma, análise do IPEA (2015) aponta que a má qualidade do pavimento eleva de forma significativa os gastos das frotas públicas e privadas, especialmente ônibus e veículos pesados, que são mais sensíveis a cargas dinâmicas.

Como exemplo, pode-se citar o processo de Auditoria no Sistema de Transporte Público Urbano de Teresina (TC/009266/2021), no qual ficou evidenciado que uma redução de 10% no tempo de viagem, por meio de pavimentos em melhores condições, poderia resultar em economia mensal da ordem de 1 (um) milhão de Reais.

3.7. Melhora na Acessibilidade

A pavimentação tem um papel importante na promoção da acessibilidade, entendida como a capacidade de todas as pessoas se deslocarem com segurança, autonomia e conforto no espaço urbano, especialmente aquelas com mobilidade reduzi-

da, idosos, cadeirantes, gestantes e pessoas com deficiência. A regularidade da superfície é um dos principais determinantes dessa acessibilidade, pois vias sem pavimentação apresentam irregularidades que dificultam o deslocamento, especialmente para usuários de cadeiras de rodas, carrinhos de bebê e andadores.

Ao reduzir barreiras físicas e oferecer uma superfície contínua, firme e estável, a pavimentação contribui diretamente para a mitigação de riscos associados à mobilidade, melhorando o fluxo pedonal e a circulação de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Do ponto de vista técnico, a adoção de superfícies adequadas e de elementos complementares de urbanização promove condições de trânsito seguro, reduz a demanda por assistência e aumenta a autonomia dos usuários. Essas medidas de projeto e execução integram as ações necessárias para eliminar barreiras urbanísticas e atender aos requisitos de acessibilidade previstos na legislação brasileira.

A seguir, exemplifica-se essa fundamentação com trechos literais da Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015):

Art. 3º — Para fins de aplicação desta Lei, consideram-se:

I - acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, **equipamentos urbanos**, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto **na zona urbana** como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida;

IV - barreiras: qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que limite ou impeça a participação social da pessoa, bem como o gozo, a fruição e o exercício de seus direitos à acessibilidade, à liberdade de movimento e de expressão, à comunicação, ao acesso à informação, à compreensão, à circulação com segurança, entre outros, classificadas em:

a) **barreiras urbanísticas: as existentes nas vias e nos espaços públicos e privados abertos ao público ou de uso coletivo**;

VII - **elemento de urbanização**: quaisquer componentes de obras de urbanização, **tais como os referentes a pavimentação**, saneamento, encanamento para esgotos, distribuição de energia elétrica e de gás, iluminação pública, serviços de comunicação, abastecimento e distribuição de água, paisagismo e os que materializam as indicações do planejamento urbanístico.

Ao reduzir barreiras físicas e oferecer uma superfície contínua, firme e estável, a pavimentação reduz os riscos de quedas, tropeços e atolamentos. Essa melhoria

de acessibilidade está alinhada às diretrizes da Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), que estabelece que ambientes urbanos devem assegurar condições de mobilidade segura e acessível, como já mencionado acima no conceito de acessibilidade e de elemento de urbanização.

Além dessa lei, ressalta-se também a norma ABNT NBR 9050:2020, que destaca a importância de superfícies regulares, sem ressaltos e com aderência adequada para garantir acessibilidade plena: “6.3.2 Revestimentos: Os materiais de revestimento e acabamento devem ter superfície regular, firme, estável e não trepidante para dispositivos com rodas e antiderrapantes, sob qualquer condição (seco ou molhado).”

Além disso, o Manual de Acessibilidade do Tribunal de Contas do Estado do Piauí enfatiza que a acessibilidade em espaços públicos depende diretamente da regularidade, firmeza e estabilidade das superfícies destinadas à circulação, estabelecendo que “os pisos das calçadas, passeios ou vias exclusivas de pedestres devem ter superfície regular, firme, estável e antiderrapante, tanto em condições secas quanto molhadas, evitando trepidações para pessoas em cadeira de rodas e garantindo a segurança de todos os usuários” (TCE-PI, 2025).

A seguir, tem-se uma imagem que ilustra a essencialidade da pavimentação adequada para a locomoção de pessoas com mobilidade reduzida.

Figura 6 – Locomoção em vias pavimentadas.



Fonte: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/lama-traffic-e-abandono-os-problemas-que-afligem-a-maior-favela-do-pais> acessado em 2 de Dezembro de 2025.

3.8. Valorização Imobiliária e Desenvolvimento Socioeconômico Local

A pavimentação é um dos elementos de infraestrutura urbana que mais influenciam a valorização imobiliária e o fortalecimento socioeconômico dos bairros. Ao melhorar a acessibilidade, reduzir custos de deslocamento, eliminar poeira e lama, qualificar o espaço urbano e aumentar a percepção de segurança, a pavimentação eleva o padrão do ambiente construído e torna a área mais atrativa para moradores, empreendedores e investidores. Esse efeito é amplamente reconhecido na literatura sobre economia urbana e planejamento territorial.

Evidências empíricas em estudo recentes demonstram esse impacto. Estudo do Inter-American Development Bank (IDB, 2017) em Campo Grande (MS), avaliando melhorias de infraestrutura urbana, constatou aumento médio de 6,1% nos preços de imóveis residenciais nas áreas atendidas com pavimentação, além de ter constatado um retorno de valorização imobiliária de \$4,25 por dólar investido em pavimentação. Em Santa Cruz do Sul (RS), análise de valorização decorrente da pavimentação de vias registrou aumento mínimo de 18,22% no valor dos terrenos após a obra.

Assim, ao qualificar o ambiente urbano, a pavimentação contribui para atrair novos empreendimentos, estimular atividades comerciais e melhorar a vitalidade econômica dos bairros, gerando efeitos positivos, tanto para os moradores, quanto para o poder público.

Dessa forma, a pavimentação não apenas atende às necessidades de mobilidade e salubridade, mas atua como um indutor de valorização imobiliária e de desenvolvimento socioeconômico, reforçando a importância do planejamento adequado e da seleção criteriosa do tipo de pavimento no contexto das políticas públicas municipais.

4. O que é um Estudo Técnico Preliminar (ETP)?

Após a apresentação dos principais benefícios da pavimentação urbana, é necessário ressaltar que a escolha do tipo de pavimento pelo gestor público deve ser orientada por critérios técnicos consistentes. Nesse sentido, a Lei de Licitações e Contratos (Lei nº 14.133/2021) prevê o Estudo Técnico Preliminar (ETP) como etapa obrigatória do planejamento de obras e serviços de engenharia, incluindo intervenções de pavimentação. O ETP é o documento responsável por identificar a necessidade pública, analisar as alternativas disponíveis, comparar as soluções sob as perspectivas técnica e econômico-financeira e justificar a alternativa selecionada. Dessa forma, o ETP visa assegurar que a decisão administrativa seja estruturada, transparente e alinhada ao interesse público.

A Nova Lei de Licitações estabelece ainda que a fase preparatória do processo licitatório é essencialmente uma fase de planejamento, devendo contemplar todas as considerações técnicas, mercadológicas e de gestão capazes de influenciar a contratação. Essa fase inclui, obrigatoriamente, a descrição da necessidade da contratação, devidamente fundamentada em um Estudo Técnico Preliminar que caracterize o interesse público envolvido e oriente a construção das etapas subsequentes da contratação.

Assim, o ETP é a etapa inicial e fundamental do planejamento de uma contratação pública, e se constitui em um documento com o objetivo de:

- (i) Apresentar a real necessidade da contratação (no caso, a pavimentação), identificando o problema a ser resolvido sob a perspectiva do interesse público;
- (ii) Analisar e comparar as diversas soluções técnicas disponíveis no mercado (asfalto, concreto, paralelepípedo ou intertravado);
- (iii) Fundamentar e justificar a escolha da solução que se apresenta como a mais adequada, baseando-se em estudos técnicos que evidenciem a economicidade, a eficiência e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável.

Para Lei 14.133/2021, o ETP serve como a prova de que o investimento público foi planejado e que a solução selecionada é a mais vantajosa em termos de custo-benefício e durabilidade, e, como etapas de acordo com o artigo 18 da lei, pode-se listar:

- Descrição da necessidade;
- Previsão no planejamento anual;
- Requisitos da contratação;
- Estimativas de quantidades e custos;
- Levantamento de mercado e análise de alternativas;
- Estimativa do valor da contratação;
- Descrição da solução escolhida como um todo;
- Justificativa para parcelamento ou não do objeto;
- Demonstrativo dos resultados pretendidos;
- Providências preliminares necessárias;
- Possíveis impactos ambientais.

O próximo tópico apresenta as principais soluções de pavimentação utilizadas no Piauí e suas características, que servirão de base para a escolha mais adequada às necessidades locais.

5. Principais soluções de pavimentação disponíveis no Estado do Piauí

Antes da análise das soluções de pavimentação disponíveis na realidade do Piauí, cabe um reforço sobre a definição de pavimento.

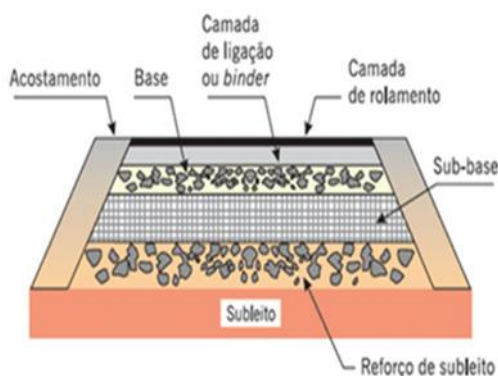
Com base nas especificações e normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), um pavimento é, de forma resumida, uma estrutura construída sobre o terreno natural, subleito de uma via, composta por múltiplas camadas, cuja função é resistir e distribuir os esforços verticais e horizontais do tráfego para o terreno subjacente.

Assim, o pavimento deve apresentar algumas características básicas como a resistência estrutural, que é a capacidade de absorver as cargas dos veículos e distribuí-las de modo que o subleito não seja excessivamente deformado. Além dessa característica intrínseca à capacidade de suporte de cargas, a camada de revestimento do pavimento deve ser capaz de oferecer segurança e conforto para os usuários, o que significa proporcionar uma superfície de rolamento segura, uniforme e que garanta condições adequadas para o tráfego de veículos e pedestres.

Para atender a essas características, o DNIT divide o pavimento em três grupos: flexível, semirrígido e rígido. O pavimento flexível é caracterizado por significativa deformação elástica em todas as camadas, quando solicitado por um carregamento. Já o semirrígido é marcado pela presença de uma base cimentada, a qual é composta por um aglutinante cimentício. Por fim, o pavimento rígido tem um revestimento de elevada rigidez que absorve a maior parte das tensões provocadas pelo carregamento.

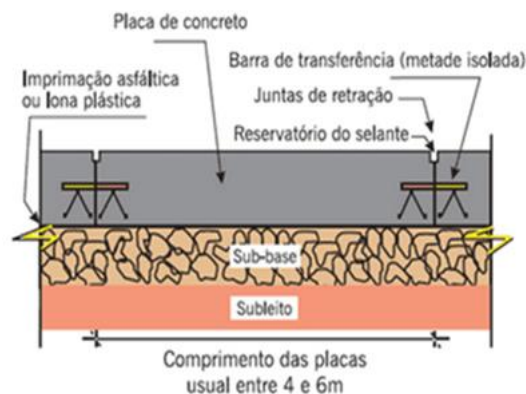
As figuras, a seguir, trazem uma ilustração esquemática dos pavimentos rígidos e flexíveis.

Figura 6 – Estrutura do Pavimento Flexível.



Fonte: Bernucci et al., (2018)

Figura 7 - Estrutura do Pavimento Rígido.



Fonte: Bernucci et al., (2018)

Para atender a necessidade de pavimentação de ruas e avenidas das cidades piauienses, as principais alternativas disponíveis identificadas foram: A pavimentação em paralelepípedo, a pavimentação intertravada de concreto e a pavimentação asfáltica. Esta Nota Técnica será direcionada por essas três soluções de pavimentação, comumente utilizadas nas vias urbanas das cidades do Piauí.

Nos tópicos seguintes, apresentam-se as principais características dessas soluções.

5.1. Pavimentação em Paralelepípedo

O pavimento de paralelepípedos é constituído por peças de rocha (granito ou basalto) que não são ligadas quimicamente, como ocorre no asfalto ou no concreto. A distribuição das cargas e a resistência da estrutura dependem fundamentalmente da rigidez da camada de base abaixo delas, do atrito e do intertravamento entre as peças.

Embora as pedras individuais sejam rígidas, o conjunto da estrutura se comporta de forma flexível e adaptável. Em documentos de orientação para a pavimentação urbana, o DNIT faz recomendações específicas para pavimentos em blocos de concreto ou paralelepípedos, separando-os dos pavimentos flexíveis ou rígidos contínuos.

Como já registrado em Nota Técnica anterior do Tribunal de Contas do Estado do Piauí (TC/012424/2023), o paralelepípedo é uma das principais soluções de pavimento urbana, sendo formado por blocos regulares assentados sobre um colchão de areia e rejuntados com o próprio material do colchão de regularização, pedrisco,

misturas betuminosas ou com argamassa de cimento Portland. A figura a seguir mostra uma ilustração de uma pavimentação em paralelepípedo.

Figura 7 – Ilustração da Pavimentação em Paralelepípedo.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

No entanto, cumpre registrar que antes do assentamento da camada final da pavimentação (paralelepípedo), as camadas subjacentes (subleito, sub-base ou base) devem estar devidamente regularizadas e estabilizadas, ou seja, deve apresentar suporte capaz de resistir os esforços transferidos pela camada de revestimento.

Sobre este aspecto da pavimentação, o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) estabeleceu que:

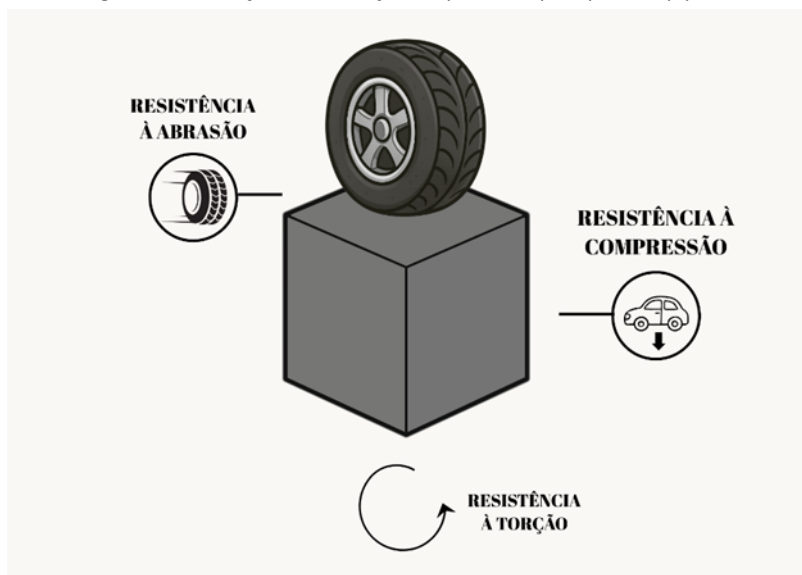
“Em virtude das variações do solo, é praticamente impossível estabelecer uma norma aplicável a todos os casos, havendo necessidade de sondagens, estudo de drenagem, índice de suporte (CBR) para subleito e base”. (Pavimentação Urbana - CONFEA, 2005).

Outro fator importante a ser considerado é a intensidade do tráfego a ser suportado pela pavimentação, sendo necessário um correto levantamento em relação ao número e ao tipo de veículos que irão trafegar na via durante sua vida útil. Ou seja, faz-se necessário que seja considerado o local onde será aplicada a pavimentação: se em uma via principal de acesso, com tráfego intenso de veículos leves e médios ou se em vias internas de bairros residenciais, com tráfego predominante de veículos leves. Esses fatores são decisivos para a definição das camadas de suporte do pavimento e até mesmo para escolha do tipo de revestimento que será adotada.

Dimensionadas as camadas de suporte do pavimento, deverá então ser especificada o material que irá compor a camada de revestimento, de modo a suportar a demanda de tráfego quantificado previamente. Na prática, deve-se optar pelas especificações de tipo de rocha que foram mapeadas no Estudo Técnico Preliminar como disponíveis no mercado local.

Nessa escolha, algumas características deverão ser observadas. Dentre essas características, destacam-se a resistências à abrasão, que é a capacidade da rocha de suportar o desgaste causado pelo atrito do tráfego, e a resistência à compressão, que é a capacidade da rocha de suportar os esforços verticais, laterais e de torção aplicados pelo peso dos veículos, sem se quebrar ou deformar. A Figura a seguir, mostra uma ilustração dos esforços a serem suportados pelos blocos de paralelepípedo.

Figura 8 – Ilustração dos esforços suportados pelo paralelepípedo.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Na ausência de uma norma específica para pavimentação em paralelepípedo, especialmente quanto as características dos blocos de rocha, torna-se necessário a utilização de alguns parâmetros já consolidados na prática de execução desta modalidade de pavimentação, como os estabelecidos pela Secretaria de Estado da Indústria e Comércio do Estado do Paraná, no manual intitulado "Paralelepípedo e Alvenaria Poliedrica – Manual de Utilização", de 1983.

Neste manual foram estabelecidos alguns parâmetros mínimos das rochas que se pretendia extrair pedras para revestimento de vias de transporte. Elas deveriam apresentar granulometria fina, serem inalteradas, apresentarem condições satisfatórias de dureza, tenacidade e homogeneidade suficiente para permitir o corte. Os ensaios mais comuns para a definição dos parâmetros mínimos de aceitação das rochas foram:

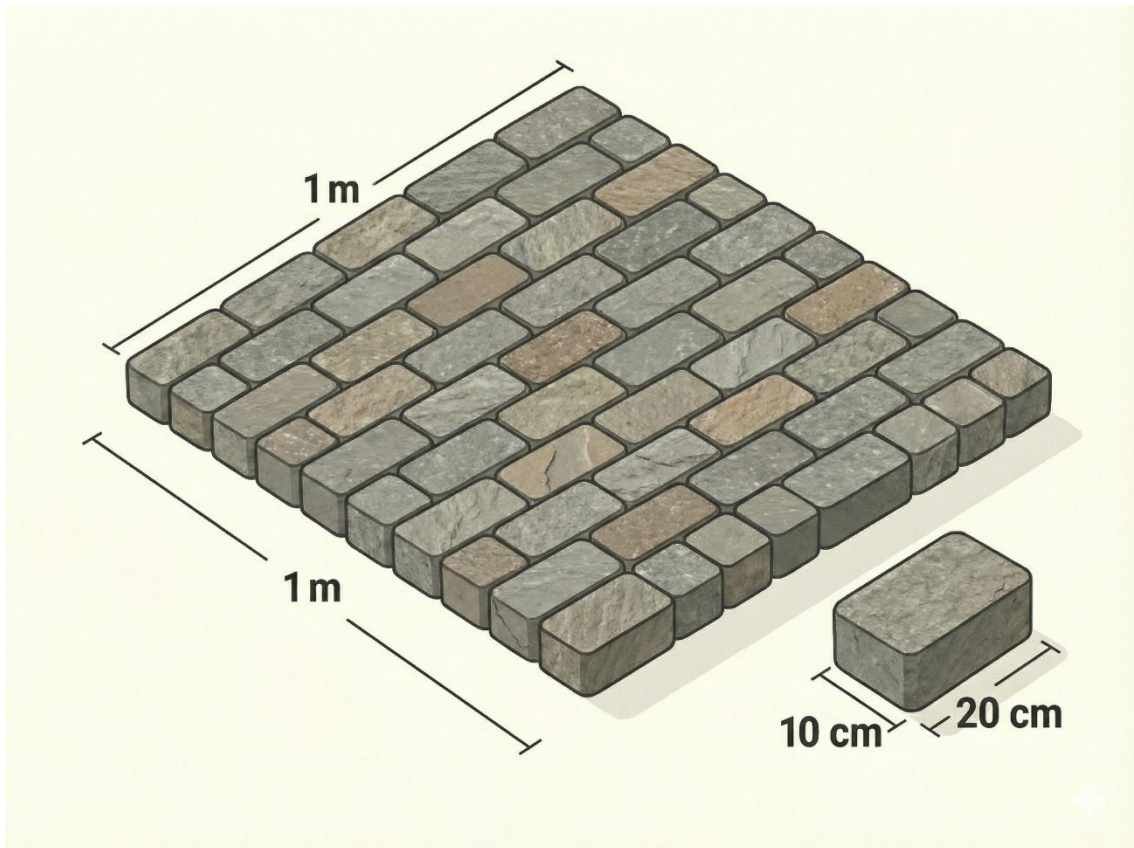
- (a) Durabilidade (sulfato de sódio) máxima: 10%;
- (b) Peso específico aparente, mínimo: 2.400 kg/m³;
- (c) Desgaste a abrasão Los Angeles, máximo: 40%;
- (d) Resistência a compressão simples, mínimo: 1.000 kg/cm²
- (e) Absorção d'água (48 horas) máximo: "mármore"=4%; "granitos"=0,5%.

Além dos parâmetros referentes às qualidades mineralógicas das rochas, o manual de pavimentação do Paraná também estabelece as características extrínsecas das pedras utilizadas na camada de revestimento, como o formato dos blocos. Esses blocos devem se aproximar, tanto quanto possível, de um paralelepípedo retangular, com a face destinada à superfície de rolamento plana e sem saliências, arestas aproximadamente retas e faces perpendiculares entre si.

Quanto às dimensões das pedras, o manual Paralelepípedo e Alvenaria Polilédrica – Manual de Utilização indica que podem ocorrer variações em função do local e da natureza da rocha, mas recomenda, em média, o uso de 33 paralelepípedos para compor um metro quadrado de revestimento. Para isso, as dimensões aproximadas devem ser 10 cm de largura, 20 cm de comprimento e 15 cm de altura.

Na composição do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), considera-se que são necessários de 30 a 35 paralelepípedos para executar um metro quadrado de pavimentação, o que corresponde a uma média de 33 peças. Assim, o coeficiente de consumo do item "paralelepípedo" no SINAPI mostra-se compatível com as dimensões dos blocos adotados no manual do Paraná (largura de 10 cm, comprimento de 20 cm e altura de 15 cm).

Figura 9 - Revestimento de paralelepípedo com dimensões médias dos blocos de 10 cm de largura, 20 cm de comprimento e 15 cm de altura.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Cabe destacar que, tanto no manual Paralelepípedo e Alvenaria Poliédrica – Manual de Utilização, quanto nas composições do SINAPI, o tipo de pedra recomendado é de natureza granítica ou basáltica, materiais que apresentam alta resistência e durabilidade, sendo adequados para áreas com tráfego intenso e cargas abrasivas.

Na realidade do Estado do Piauí, entretanto, a rocha mais frequentemente utilizada na confecção de blocos para pavimentação é a sedimentar, como o arenito, devido à sua ampla ocorrência no subsolo piauiense e à maior facilidade de extração e beneficiamento.

As rochas sedimentares, como o arenito, possuem, entre suas características intrínsecas, maior sensibilidade ao grau de alteração, o que implica grande variação na resistência à compressão, que pode oscilar entre 2,0 MPa e 125 MPa. Já as rochas de origem ígnea, como granito, gnaisse ou basalto, que apresentam maior resistência e menor variação nessa propriedade, são menos utilizadas no pavimento de vias no Piauí, embora também haja afloramentos desse tipo de rocha em algumas regiões do Estado.

Conforme anotado em Relatório de Levantamento deste TCE-PI sobre pavimentação em paralelepípedos ([TC/012424/2023](#)), não existe “rocha ruim” para o serviço em si. Entretanto, quando a rocha apresenta elevado grau de alteração, torna-se

inadequada para utilização como revestimento de vias de tráfego. Dessa forma, a resistência da rocha depende mais do seu estado de sanidade, fortemente associado ao grau de alteração, do que propriamente de sua origem ou tipo “petrológico”.

No entanto, não há norma técnica que estabeleça parâmetros mais precisos, como uma classificação numérica do grau de alteração da rocha. Essa lacuna impede uma definição mais clara de características essenciais, como a resistência necessária para suportar a intensidade do tráfego em pavimentações de transporte.

Diante da ausência de uma norma mais específica, a avaliação do estado de alteração das rochas é realizada apenas de forma qualitativa, por meio de norma criada pelo então Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (DNER-PRO 102/97), que associa as características “petrológicas” a atributos como “*cor e brilho dos minerais, formação de minerais de alteração (argilas, limonitas, caulins etc.), estruturas neoformadas (fissuras, crostas, bordas de reação) e aumento de porosidade, distribuindo-as em cinco classes*”.

Esse vácuo normativo, somado ao elevado grau de alteração das rochas sedimentares, como o arenito, cuja resistência à compressão pode variar entre 2,0 MPa e 125 Mpa, torna praticamente inviável garantir que pavimentações executadas com esse tipo de material atendam às exigências impostas pelo tráfego. Pavimentos construídos com rochas de baixa resistência à compressão estão sujeitos ao esmagamento precoce dos blocos de paralelepípedo, resultando em redução da vida útil do revestimento e maior desconforto para o tráfego de veículos e pedestres.

Uma questão relevante na realidade do Piauí, refere-se à forma de pagamento do insumo “paralelepípedo” destinado ao revestimento de vias. Como esses blocos são comercializados por unidade ou por milheiro, torna-se mais vantajoso para vendedores ou para quem extrai e confecciona as peças optar por jazidas que ofereçam rochas de extração e manipulação mais fáceis, geralmente materiais com maior grau de alteração e, conseqüentemente, menor resistência à compressão. O resultado dessa prática é, em geral, a redução da vida útil do pavimento, comprometendo uma das principais vantagens desse tipo de revestimento para vias de transporte.

Outra consequência da comercialização do insumo por unidade ou milheiro é a produção de peças com dimensões progressivamente menores que, ao aumentar o número de paralelepípedos necessários para cobrir um metro quadrado, pode elevar o custo final da obra. Adicionalmente, dificulta-se também a amarração e o travamento das juntas perpendiculares, aspectos fundamentais para o bom desempenho do pavimento.

Dessa forma, cabe aos gestores que optarem por licitar e contratar pavimentação com revestimento em paralelepípedo especificar adequadamente os insu-

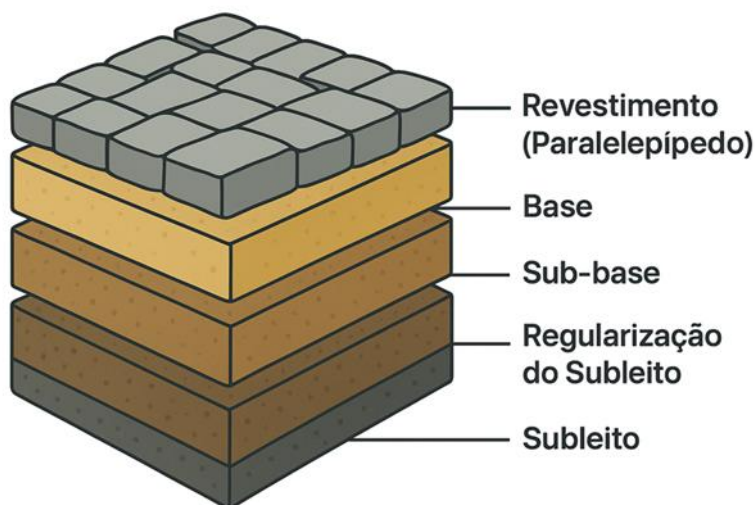
mos e exigir de suas equipes de fiscalização que verifiquem se o material utilizado é capaz de suportar os esforços e a intensidade do tráfego previsto para a via. Nesse contexto, merece atenção especial a aquisição do paralelepípedo, principal insumo da camada de revestimento e um dos componentes de maior custo.

É necessário comprovar se a rocha utilizada na confecção das peças atende aos requisitos de resistência ao tráfego, conforme recomendado pela Norma DNER-PRO 102/97, e se as dimensões dos blocos seguem os parâmetros médios propostos no Manual de Utilização – Paralelepípedo e Alvenaria Poliédrica do Estado do Paraná (largura: 10 cm; comprimento: 20 cm; altura: 15 cm), de modo a garantir que entre 30 e 35 peças sejam suficientes para compor um metro quadrado de revestimento.

Uma medida eficaz para assegurar o cumprimento dessas dimensões, em conformidade com o manual do Paraná e compatível com o coeficiente de consumo das composições do SINAPI, é estabelecer, nos projetos básicos e contratos de obra de pavimentação, que o insumo “paralelepípedo” atenda às dimensões mínimas trazidas por esses referenciais.

Por fim, qualquer que seja a natureza da pavimentação, haverá a necessidade de um subleito regularizado. Isso implica que, além dos requisitos da camada de revestimento em paralelepípedos, as camadas do substrato (reforço do subleito, sub-base e base) devem igualmente apresentar condições adequadas para suportar os esforços transmitidos pelas camadas superiores. A Figura a seguir, apresenta esquematicamente as camadas desse tipo de pavimentação.

Figura 10 - Etapas de uma pavimentação com revestimento em paralelepípedo.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

5.2. Pavimentação Intertravada de Concreto

A pavimentação intertravada de concreto (também conhecida como “*paver*”) é um sistema modular constituído por unidades pré-moldadas de concreto assentadas sobre camada de areia, com juntas preenchidas por material granular fino e confinamento lateral contínuo por guias ou meio-fio; seu desempenho estrutural decorre do intertravamento entre as peças, do atrito nas juntas e da estabilidade conferida pelas contenções laterais, razão pela qual as unidades devem obedecer aos requisitos de resistência, absorção e tolerâncias dimensionais definidos na ABNT NBR 9.781/2013 e a execução disciplinada pela ABNT NBR 15.953/2011.

A etapa de execução inicia-se pelo preparo do subleito através da regularização, controle de umidade, nível e compactação, seguida pela implantação de sub-base e base granulares ou estabilizadas de acordo com o tráfego projetado, sobre essa estrutura coloca-se a camada de assentamento composta por areia limpa e graduada, realiza-se o assentamento das peças no padrão indicado e conclui-se com compactação e preenchimento das juntas.

No dimensionamento estrutural, diversos métodos podem ser empregados, pode-se citar o procedimento ABCP/ET-27 contido no estudo técnico Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto de 1998 da Associação Brasileira de Cimento Portland. De acordo com esse estudo, a pavimentação com peças pré-moldadas de concreto situa-se entre os pavimentos flexível e rígido e constitui solução prática e econômica para uma ampla gama de aplicações: vias urbanas, pátios de estacionamento, vias internas de fábricas, áreas de manobra, escolas e hospitais. Entre as virtudes que a distinguem destacam-se o baixo custo de manutenção, cerca de 95% das peças

retiradas podem ser reaproveitadas após a retirada para a execução de algum serviço, a possibilidade de liberar o pavimento para serviço imediatamente após a execução, a facilidade de execução, boa superfície de rolamento para velocidades até aproximadamente 80 km/h e a produção industrializada, que assegura controle de qualidade.

Antes de conceituar os elementos que compõe um pavimento, é necessária uma breve introdução sobre o "Número N". Esse parâmetro corresponde ao total de repetições de eixos padrão que o pavimento deverá suportar durante sua vida útil e serve como parâmetro para o dimensionamento estrutural. Esse valor estima a intensidade e a evolução do tráfego ao longo dos anos, garantindo que o pavimento seja projetado para resistir adequadamente aos esforços solicitantes.

A partir disso, os elementos que compõem essa solução de pavimentação (*Paver*), são definidos a seguir, com base no estudo já mencionado estudo técnico Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto de 1998 da Associação Brasileira de Cimento Portland:

- Subleito: É o suporte natural do pavimento que deve ser regularizado e compactado na cota de projeto antes da execução das camadas superiores. No método adotado pelo documento, o parâmetro representativo do subleito é o valor do CBR (California Bearing Ratio) medido na energia normal de compactação.
- Sub-base: Camada intermediária cuja necessidade, espessura e especificação de material são função do CBR do subleito e do tráfego. Em relação ao tráfego, o procedimento estabelece que quando $N \geq 0,5 \cdot 10^6$ o material de sub-base deve ter CBR mínimo de 30%; quando $N < 0,5 \cdot 10^6$, CBR mínimo de 20%; quando $N < 0,5 \cdot 10^6$ e CBR do subleito $\geq 20\%$ a sub-base pode ser desnecessária; e quando $N \geq 0,5 \cdot 10^6$ e CBR do subleito $\geq 30\%$ também pode ser dispensada.
- Base: Camada estrutural de boa rigidez, podendo ser construído por solo graduado e compactado, ou ainda solo-cimento ou concreto rolado por apresentarem elevado módulo de elasticidade, reduzindo as pressões transmitidas às camadas inferiores. A espessura de base deve ser definida em função do número de eixos equivalentes; observa-se que, se $N < 1,5 \cdot 10^6$ a base pode ser desnecessária, mas quando empregada recomenda-se espessura mínima de 10 cm para N entre $1,5 \cdot 10^6$ e 10^7 .
- Camada de Assentamento: De acordo com estudo mencionado, essa camada é constituída por areia com no máximo 5% de silte e argila em massa e no máximo 10% de material retido na peneira de 4,8 mm. O procedimento apresenta uma faixa granulométrica recomendada. A espessura deve ser tal que, após adensamento, o colchão compacto tenha entre 3 e 5 cm. A colocação só deve

iniciar quando a base estiver concluída, evitar circulações de operários sobre a areia e não executar grandes extensões à frente da linha de assentamento para reduzir irregularidades.

- Camada de Rolamento: Formada pelas peças de concreto propriamente ditas, dispostas sobre a areia. A execução compreende colocação, acabamento nas bordas e vibração das peças. O intertravamento entre peças é essencial para a transferência de esforços, a distância entre peças deve ser entre 2 e 3 mm.

A fabricação das peças e o controle tecnológico são determinantes para o desempenho, a produção em vibro-prensa, dosagem por massa, controle de umidade, cura padronizada, uso de moldes usinados e manutenção de rastreabilidade por lotes reduzem variação dimensional, porosidade e absorção, parâmetros que influenciam diretamente o intertravamento e a durabilidade; a NBR 9.781/2013 estabelece tolerâncias dimensionais de ± 3 mm e limites de absorção com média ≤ 6 % e individual ≤ 7 % e indica resistências mínimas ≥ 35 MPa para tráfego de pedestres e veículos leves; e ≥ 50 MPa para cargas especiais, além de exigências quanto a espaçador, chanfro e índice de forma.

Em termos de desempenho funcional, o pavimento intertravado apresenta as vantagens a liberação rápida ao tráfego após a execução, facilidade de manutenção, alta durabilidade quando a estrutura granular e as contenções são bem projetadas, boa aderência superficial e capacidade estética e cromática, permitindo diversos padrões e cores. Essas qualidades tornam o *paver* competitivo em cenários urbanos onde exista necessidade de intervenções frequentes e requalificações localizadas.

Além dos aspectos já mencionados, o Manual de Desempenho de Pavimentos Intertravados de Concreto, publicado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) acrescenta requisitos importantes para segurança no uso, desempenho acústico, desempenho ao fogo, estanqueidade, resistência ao impacto e manutenibilidade, ampliando significativamente a visão sobre o comportamento do pavimento intertravado.

Em relação à segurança no uso e operação, esse mesmo manual estabelece coeficientes mínimos de atrito à derrapagem, considerando superfícies secas e molhadas, com medições pelo ensaio do pêndulo britânico, segundo a NBR 15575. Esses coeficientes garantem segurança para pedestres, ciclistas e veículos.

No que se refere a desempenho acústico, o pavimento intertravado apresenta vantagem pela rugosidade da superfície e pela propriedade dissipativa intrínseca do concreto vibroprensado, comportando-se como elemento difusor de ondas sonoras. O mesmo manual da ABCP descreve medições de ruído percebido por usuários, destacando que alterações na textura e no chanfro influenciam o conforto auditivo.

Acerca de durabilidade e resistência química, por sua vez, as peças, quando fabricadas segundo NBR 9.781/2013, são resistentes a agentes químicos moderados e apresentam boa estabilidade contra ciclos de molhagem e secagem. Na mesma publicação, a ABCP alerta que peças com alta absorção tendem a sofrer desgaste precoce e maior suscetibilidade a eflorescência e abrasão.

Por fim, merece destaque também o fator manutenibilidade nos pavimentos intertravados, pois representa uma das maiores vantagens do sistema, tendo em vista a possibilidade de remoção e reinstalação das peças sem gerar resíduos ou perda de material, sendo especialmente eficiente em áreas urbanas com redes subterrâneas ainda não instaladas.

Esse tipo de pavimentação ainda é pouco utilizado no estado do Piauí, tendo poucos exemplos, quando comparado a pavimentação asfáltica e de paralelepípedos de rocha.

A título de exemplo, apresenta-se a seguir uma via localizada no bairro Lourival Parente, em Teresina – PI, com pavimentação intertravada com blocos de concreto tipo *paver*.

Figura 11 – Pavimentação com Intertravado de Concreto.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Na Figura a seguir temos o detalhamento superficial desse tipo de pavimentação, na mesma rua mencionada:

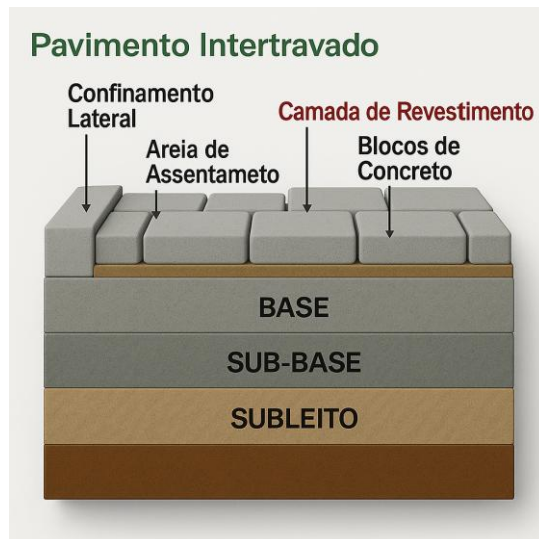
Figura 12 – Pavimentação com Intertravado de Concreto.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Na imagem a seguir, observa-se as camadas existentes no pavimento intertravado de concreto:

Figura 13 – Perfil da Pavimentação Intertravada de Concreto.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

5.3. Pavimentação Asfáltica

A pavimentação asfáltica consiste na execução de um pavimento flexível, cujo revestimento é formado por misturas betuminosas aplicadas sobre camadas granulares estruturais. Segundo o DNIT, no Manual de Pavimentação de 2013, trata-se de uma superestrutura construída em camadas sucessivas, destinada a proporcionar con-

dições adequadas de rolamento, resistir às solicitações do tráfego e distribuir as tensões ao subleito de forma compatível com sua capacidade de suporte.

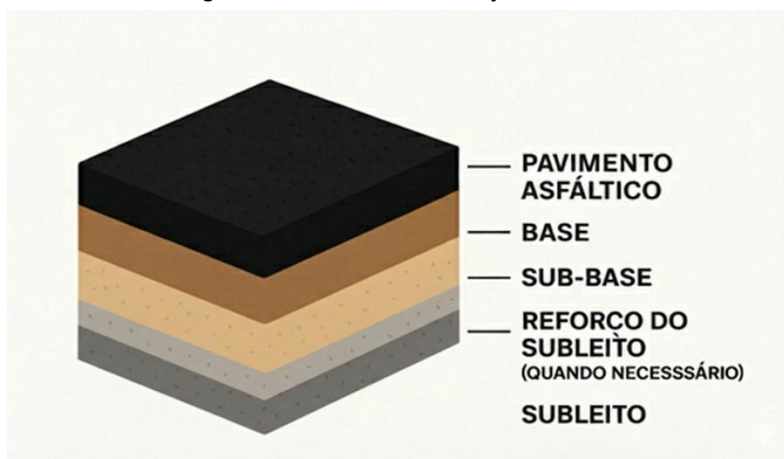
5.3.1. Composição típica do pavimento asfáltico

De acordo com o DNIT 095/2006 – ES e com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), a estrutura do pavimento flexível é formada pelos seguintes elementos:

- Revestimento asfáltico: Camada superior responsável pela impermeabilização da via, pela resistência ao desgaste e pelo conforto ao rolamento. Recebe diretamente as ações do tráfego.
- Base: Camada estrutural destinada a resistir e distribuir as cargas para as camadas inferiores.
- Sub-base: Camada complementar à base, empregada por razões técnicas ou econômicas para melhorar a capacidade de suporte e reduzir custos.
- Subleito: Solo de fundação devidamente regularizado e compactado.

Em pavimentos flexíveis, “o dimensionamento estrutural é comandado principalmente pela capacidade de suporte do subleito” (DNIT, 2013), razão pela qual a qualidade dessa camada é determinante para o desempenho do pavimento. Segue ilustração com essa configuração:

Figura 14 – Perfil da Pavimentação Asfáltica.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

5.3.2. Tipos de revestimento asfáltico mais utilizados

Os revestimentos betuminosos empregados no Brasil seguem especificações do DNIT, destacando-se:

- Tratamentos Superficiais (TSS, TSD) – camadas delgadas compostas por aplicações sucessivas de ligante e agregado. Apresentam boa relação custo/benefício e atuam também como selante e impermeabilizante (DNIT 165/2018 – ES).
- Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) – mistura densa usinada e aplicada a quente, indicada para tráfego médio e pesado. É o revestimento betuminoso mais empregado em vias urbanas e rodovias (DNIT 031/2006 – ES).
- Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MRF) – mistura com emulsão modificada e agregados finos, utilizada para restauração funcional, melhoria da aderência e selagem de fissuras (DNIT 167/2018 – ES).
- Pré-misturado a frio – mistura com emulsão de ruptura média ou lenta, usada em reparos, recomposição e camadas intermediárias.

Os ligantes utilizados incluem CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), emulsões asfálticas e asfaltos modificados por polímeros, estes últimos empregados para aumentar elasticidade, resistência à fadiga e desempenho em altas temperaturas.

A escolha do tipo de pavimento e da espessura das camadas deve considerar o volume e o tipo de tráfego, conforme preconizado pelo DNIT 181/2018 – ES. Vias sujeitas a tráfego pesado de ônibus e caminhões demandam revestimentos mais nobres, como CBUQ. Ao longo dessa nota técnica, ao referir-se a “Asfalto”, a nota técnica está tratando de maneira genérica ao Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

A integridade do pavimento depende da correta execução das camadas inferiores, pois um revestimento asfáltico não compensa falhas estruturais da base, sub-base ou subleito, conforme reiterado no Manual de Pavimentação do DNIT (2013). Segue, na figura a seguir, um exemplo de via Pavimentada com CBUQ em uma das avenidas mais movimentadas de Teresina, a Avenida Raul Lopes no Bairro Fátima.

Figura 15 – Pavimentação Asfáltica na Avenida Raul Lopes.



Fonte: G1 Piauí

6. Quais as principais patologias em pavimentos?

A pavimentação urbana pode apresentar diversos tipos de patologias dependendo do tipo de revestimento e das camadas de base/sub-base. Em geral, são observados assentamentos diferenciais, solapamentos e recalques quando há falhas de projeto ou execução da base, como compactação inadequada, solos saturados ou drenagem deficiente. Defeitos superficiais também aparecem no revestimento conforme o desgaste ou esforço do tráfego: Trincas e fissuras, deformações permanentes, placas ou deslocamentos de placas. Além disso, manutenções inadequadas, como remendos mal executados, também geram irregularidades no pavimento.

Nesse contexto, além de identificar o tipo de patologia e suas causas prováveis, é recomendável verificar se a obra ainda está no período de garantia (em regra, 5 anos), pois, havendo vícios, defeitos ou incorreções atribuíveis à execução ou aos materiais empregados, a realização de despesa com manutenção destinada a sanar essas falhas é considerada irregular, devendo a Administração priorizar o acionamento da contratada, com a adoção dos instrumentos legais e contratuais cabíveis e o devido acompanhamento da qualidade. Apenas em situações urgentes, quando não for possível concluir a apuração e a contratada não reconhecer a responsabilidade, admite-se a execução da intervenção com posterior cobrança de ressarcimento, registrando-se ainda o risco de responsabilização pessoal do agente que autorizar despesa indevida, con-

forme alerta do TCE-PI (DOE TCE-PI nº 035/2025, Sessão Plenária Ordinária nº 03, de 20/02/2025, Expediente nº 007/25).

6.1. Pavimentação em Paralelepípedo

A maioria das patologias em pavimentos de paralelepípedo está associada a falhas na preparação da base, ausência de contenção lateral adequada e deficiências de drenagem. Problemas de execução, como nivelamento incorreto ou juntas sem preenchimento, também contribuem para o surgimento de deformações e instabilidades.

A seguir, são apresentados os principais defeitos observados nesse tipo de pavimento.

- Juntas sem preenchimento: A ausência de areia ou argamassa nas juntas é uma das principais patologias. Almeida e Paiva (2011) observaram que cerca de 40% das falhas em calçamentos históricos ocorreram por este motivo, favorecendo deslocamento de blocos e formação de buracos.
- Panelas: Segundo Pinto (2003), as panelas (ou buracos) resultam da progressão de defeitos pré-existentes, tais como fissuras, desgaste superficial e falhas de aderência entre camadas. A ação das águas pluviais acelera esse processo, provocando o fenômeno de stripping (descolamento) e aprofundando a desagregação, o que pode comprometer até a base do pavimento.
- Recalques: São depressões pontuais ou trilhas de roda causadas por base subdimensionada ou mal compactada. Muitas vias são assentadas apenas sobre colchão de areia, sem sub-base estruturada, tornando o conjunto vulnerável ao afundamento (ALMEIDA e PAIVA, 2011).
- Peças trincadas ou quebradas: Comuns em bordas ou áreas de tráfego intenso, podem ocorrer por sobrecarga ou perda de travamento entre blocos. Representam um percentual menor ($\approx 2,6\%$), mas afetam o conforto e a estética da via (ALMEIDA e PAIVA, 2011).
- Desagregação das pedras: O intemperismo e enchentes podem erodir a superfície dos paralelepípedos. A falta de drenagem ou o vazamento de redes subterâneas também causam perda de suporte (UFERSA, 2020).

A seguir, apresentam-se alguns exemplos de patologias nesse tipo de pavimento:

Figura 16 – Patologias em Calçamento – Desagregação/Panela.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Figura 17 – Patologias em Calçamento – Desagregação.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

6.2. Pavimentação Intertravada de Concreto

No caso do pavimento intertravado, os defeitos mais recorrentes estão relacionados à má execução da base ou sub-base, ausência de areia de assentamento e falhas no rejuntamento. A movimentação das peças pode ser agravada por cargas mal distribuídas, erosão ou falta de contenção lateral. A seguir, são listadas as patologias mais comuns encontradas nesse tipo de revestimento.

- Desníveis e blocos soltos: Surgem quando a base não foi suficientemente compactada ou não há contenção lateral por meio-fio. A ausência da camada de assentamento ou o uso de areia inadequada também contribuem (AGUIAR et al., 2021).
- Perda de rejunte e contenção lateral: Com o desmonte da contenção lateral, a areia entre os blocos pode ser erodida pela água da chuva ou lavada por tráfego.

go mais facilmente. Isso compromete o travamento e permite que as peças se movimentem, especialmente nas bordas (AGUIAR et al., 2021).

- Fissuras e trincas em blocos: Decorrem de má fabricação (mistura com excesso de água, aditivos mal dosados) ou cura inadequada. Trincas reduzem a vida útil e comprometem a estética (AGUIAR et al., 2021).
- Afundamentos localizados: Frequentemente ocorrem após obras subterrâneas mal recompostas. A recomposição deficiente da base ou do colchão de areia favorece recalques e desníveis visíveis na superfície.

A seguir, está ilustrado um exemplo de patologia nesse tipo de pavimento:

Figura 18 – Patologias em Pavimentação Intertravado do tipo deslocamento e desnível das peças.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

6.3. Pavimentação Asfáltica

As patologias em pavimentos asfálticos geralmente decorrem de falhas no projeto, má compactação das camadas, drenagem ineficiente e desgaste natural devido ao tráfego. A composição inadequada da mistura asfáltica e intervenções mal executadas também aceleram o aparecimento de danos. Abaixo estão listados os principais defeitos observados nos revestimentos asfálticos.

- Trincas e fissuras: São fraturas superficiais que evoluem com o tempo. Trincas capilares, transversais, longitudinais ou em bloco ("couro-de-jacaré") decorrem de retração térmica, fadiga, envelhecimento do ligante ou erro de execução (INOVA CIVIL, 2021).
- Desgaste superficial: A perda de agregados da camada de rolamento é sinal de má adesão entre betume e agregado ou dosagem deficiente. Isso compromete a aderência e acelera o aparecimento de outras falhas (PINHEIRO, 2021).

- Exsudação: Excesso de ligante na superfície em dias quentes, tornando a pista escorregadia. Indica falha no projeto da mistura ou compactação inadequada (PINHEIRO, 2021).
- Escorregamento: Deformação em curvas ou pontos de frenagem. A mistura perde coesão, gerando ondulações e empolamentos. Pode ser evitado com imprimação adequada e escolha correta da fórmula de mistura (INOVA CIVIL, 2021).
- Buracos (panelas): Resultado da combinação de fissuras abertas, tráfego repetido e infiltração. São agravados na estação chuvosa. A perda de suporte da base leva ao colapso localizado (PINHEIRO, 2022).
- Afundamento em trilha: São sulcos contínuos nas trilhas de roda. Ocorrem por fluência do asfalto ou recalque da base, especialmente se o subleito estiver encharcado ou mal compactado (PAVEMENT INTERACTIVE, 2023).

A seguir, estão ilustrados alguns exemplos de patologias nesse tipo de pavimento:

Figura 19 – Patologias em Pavimentação Asfáltica do tipo afundamento em trilha de roda.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Figura 20 – Patologias em Pavimentação Asfáltica do tipo panela.



Fonte: TC-DF

Figura 21 – Patologias em Pavimentação Asfáltica do tipo remendo.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

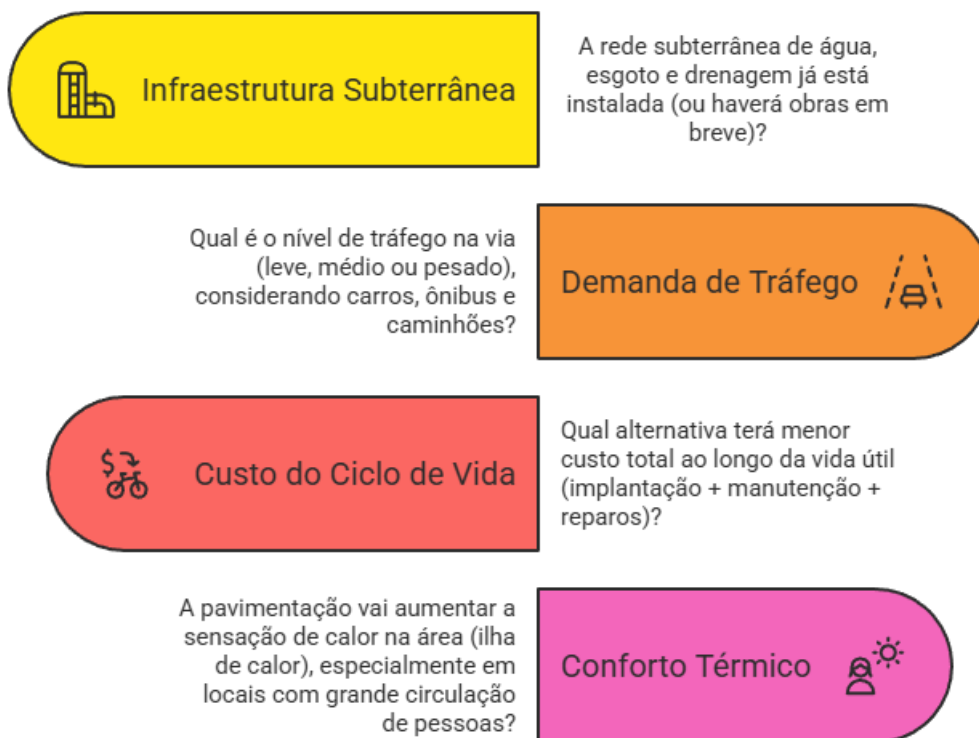
7. Quais os critérios para seleção da solução de pavimentação?

A escolha de um tipo específico de pavimento não é um processo exato, mas o tomador da decisão deve avaliar diversos fatores, como demanda de tráfego, conforto térmico, manutenibilidade, disponibilidade de materiais, metodologia construtiva, estética, infraestrutura existente, fatores ambientais e análise de custo do ciclo de vida do pavimento.

No âmbito desta Nota Técnica, dado o contexto no qual os municípios piauienses estão inseridos, foram considerados como critérios predominantes os ilustrados a seguir:

Figura 22 - Principais critérios de seleção de pavimentação.

Critérios para Seleção de Pavimentação



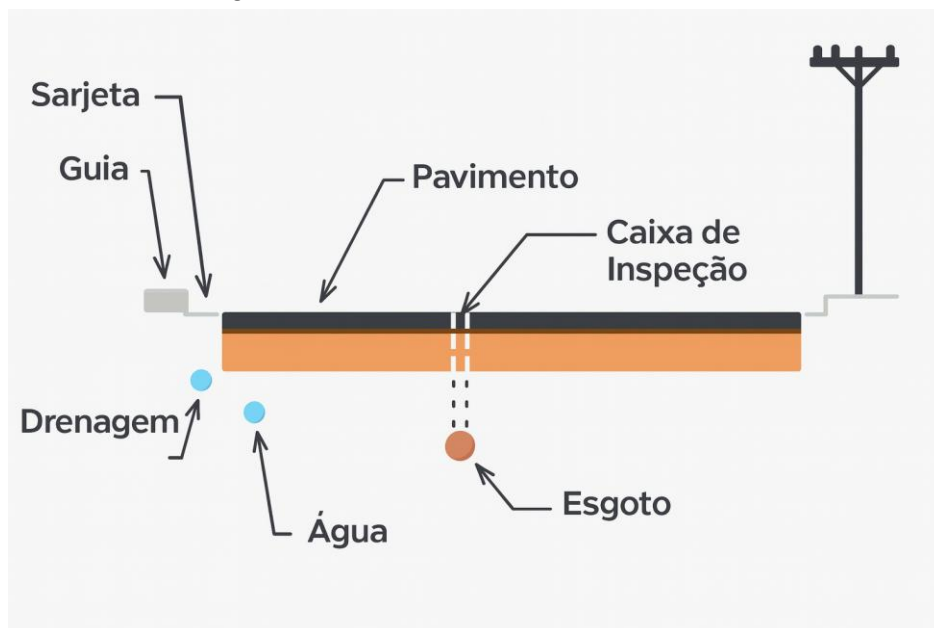
Fonte: DFINFRA / TCE-PI

Nos tópicos seguintes serão detalhados esses critérios mais significativos para uma escolha de solução de pavimentação de vias urbanas.

7.1. Infraestrutura Subterrânea de Saneamento

Cabe destacar que devem ser consideradas as futuras interferências no pavimento urbano, como implantação de sistema de esgotamento sanitário, abastecimento de água e sistema drenagem, como demonstrado na figura a seguir:

Figura 23 – Infraestrutura Subterrânea no Pavimento.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

A existência ou não de redes subterrâneas de água e esgoto é um fator importante para levar em consideração. Em áreas onde já existem tubulações no subsolo das vias, é praticamente certo que haverá intervenções futuras para reparos, ligações ou manutenção dessas redes. Assim, a solução de pavimento deve se atentar a isso, no intuito de permitir essas intervenções com o menor transtorno e custo possível.

Mais importante ainda é quando não há redes subterrâneas, mas está prevista a implantação, o que acarretará necessariamente impactos no pavimento durante a instalação. Considerando que o Piauí deverá vivenciar forte expansão no sistema de esgotamento sanitário nos próximos anos devido ao Marco Legal do Saneamento, com metas de universalização até 2033 e dos contratos de concessão em curso no Estado, é indispensável que os projetos de pavimentação em áreas ainda sem coletores antecipem as futuras intervenções para evitar retrabalho, custos adicionais e degradação precoce do revestimento.

Figura 24 – Concessão de Serviços de Água e esgoto no Piauí.



Fonte: <https://suparc.sead.pi.gov.br/aegee-vence-leilao-para-concessao-de-servicos-de-agua-e-esgoto-e-investira-r-86-bilhoes-no-piaui/> acessado em 21 de novembro de 2025.

Assim, a frequência de cortes em pavimentos para implantação de redes de esgoto tende a aumentar. Essa realidade torna a manutenibilidade uma característica importante na escolha da solução de pavimentação, porque impacta nos custos de operação, prazos de restabelecimento do tráfego, geração de resíduos e durabilidade do revestimento.

Nesse contexto em que a manutenibilidade ganha importância, especialmente diante do avanço previsto das redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios piauienses, as características de cada tipo de pavimento tornam-se fator técnico relevante.

Em termos práticos, a decisão sobre a solução de pavimento deve ser integrada ao cronograma de implantação das redes:

- (i) Sempre que possível, programar a pavimentação após a execução de coletores e ligações domiciliares;
- (ii) Quando a rede estiver prevista para o curto/médio prazo, priorizar soluções de alta manutenibilidade, que permitam a retirada e reaproveitamento das peças para abertura de valas e recomposição sem maiores perdas de desempenho do pavimento após a intervenção; e

- (iii) Quando a adoção de revestimentos asfálticos for necessária antes da rede, deve-se impor tecnicamente a recomposição em faixa integral da base e do revestimento, com controle de compactação por camadas do reaterro, e o restabelecimento da regularidade superficial.

Vale ressaltar que a pavimentação asfáltica, por exigir corte, escavação e recomposição com mistura quente, tende a apresentar marcas visíveis, diferenças de textura e pontos estruturalmente fragilizados após intervenções subterrâneas, o que frequentemente compromete a durabilidade e a regularidade do trecho reparado. Em contraste, os pavimentos modulares — como o paralelepípedo de rocha e o pavimento intertravado de concreto — oferecem vantagens operacionais em áreas com rotatividade de serviços de saneamento, devido à sua natureza desmontável. As peças podem ser removidas, a vala executada e, após a adequada recomposição da base e do reaterro, reinstaladas quase integralmente, preservando a estética, a funcionalidade e a uniformidade da superfície. Esse procedimento reduz significativamente a geração de resíduos, o tempo de bloqueio da via e os custos associados a reparos recorrentes, além de evitar remendos permanentes ou emendas perceptíveis.

Estudos e guias técnicos, como os do ICPI e da FHWA (2019), reforçam que a reinstalação correta das peças garante rápida liberação ao tráfego e desempenho satisfatório após a intervenção. No caso dos pavimentos asfálticos, por outro lado, a recomposição tende a resultar em deformações, recalques ou afundamentos localizados, como pode-se observar na imagem a seguir, registrada em Teresina após a implantação de rede coletora de esgotamento sanitário, evidenciando a vulnerabilidade desse tipo de revestimento em áreas sujeitas a futuras intervenções.

Figura 25 – Afundamento de vala, Rua Des. Mota, bairro Monte Castelo.



Fonte: Relatório de Fiscalização nº 02/2022- ARSETE

7.2. Demanda de Tráfego

A intensidade e o tipo de tráfego que a via suportará são fatores determinantes na escolha do pavimento. Deve-se avaliar o número de veículos diários, a participação de veículos pesados e a velocidade esperada, projetando o tráfego futuro em termos de eixos equivalentes por meio de estudo de tráfego ou contagem classificatória. Vias de tráfego leve admitem soluções menos robustas; vias de tráfego pesado exigem pavimentos com maior capacidade estrutural.

Para esta Nota Técnica, considerando o contexto urbano dos municípios piauienses, de pequeno e médio porte populacional, adotou-se uma classificação qualitativa simplificada, baseada na literatura técnica e na prática de engenharia:

- Muito leve: Vias locais estritamente residenciais; tráfego esparsos, majoritariamente automóveis, pedestres e ciclistas; ausência de ônibus e caminhões.
- Leve: Ruas de bairro com comércio/serviços de pequena escala; fluxo contínuo, porém reduzido; presença eventual de veículos maiores e transporte escolar; paradas pontuais.
- Moderado: coletoras e arteriais secundárias que conectam bairros e polos comerciais; mistura equilibrada de automóveis, utilitários e ônibus; solicitações significativas em pontos de parada e interseções.

- Pesado: arteriais e perimetrais urbanas com circulação intensa; participação marcante de ônibus e caminhões; elevada repetição de cargas, áreas de carga/descarga e paradas frequentes.
- Muito pesado / Especial: corredores estruturais de transporte público, acessos industriais e terminais; predominância de veículos de grande porte e operações contínuas; solicitações extremamente elevadas.

Vale ressaltar, que do ponto de vista estritamente técnico, a caracterização da demanda de tráfego se dá pelo cálculo do número N, que é corresponde ao total de repetições de eixos padrão que o pavimento deverá suportar durante sua vida útil e serve como parâmetro para o seu dimensionamento estrutural. Entretanto, dado o contexto predominante das vias urbanas locais dos municípios do Piauí, que apresentam baixa demanda de tráfego, entende-se que a classificação qualitativa atende de forma satisfatória a avaliação a nível de ETP das soluções disponíveis.

Em momento posterior ao ETP, ou seja, na elaboração do projeto de engenharia, é essencial proceder ao devido estudo de tráfego, podendo utilizar como base o "Manual de Estudos de Tráfego – 2006 - DNIT".

Assim, nota-se que a seleção do tipo de pavimento deve levar em consideração não apenas a intensidade de tráfego, mas também as características operacionais da via, como a velocidade desejável, as manobras realizadas (frenagem, curvas, paradas), a frequência de intervenções subterrâneas e os aspectos de manutenção. A seguir são descritas as situações mais indicadas para cada solução de pavimentação:

7.2.1. Paralelepípedo de rocha

O pavimento em paralelepípedo é mais indicado para vias locais de tráfego muito leve ou leve, especialmente em áreas de identidade urbana tradicional, com apelo paisagístico, turísticas ou de patrimônio cultural, onde o apelo estético e a conservação de características originais são desejáveis.

Devido à sua superfície naturalmente irregular e à menor aderência à alta velocidade, é ideal para zonas de tráfego calmo, com velocidade desejável de até 30 km/h, onde predominam veículos de passeio, pedestres e ciclistas. A rugosidade superficial do calçamento contribui, inclusive, para a redução da velocidade e aumento da segurança em áreas residenciais ou escolares.

Portanto, o uso do paralelepípedo é tecnicamente aconselhável em:

- Ruas locais com baixo tráfego e velocidade reduzida;
- Áreas de valorização paisagística e identidade urbana;

7.2.2. Pavimento Intertravado de Concreto

O pavimento intertravado é uma solução versátil, indicada para vias de tráfego leve a moderado, podendo ser adotado até mesmo em trechos com tráfego pesado desde que haja projeto adequado de base e espessura dos blocos.

É ideal para ruas de bairro com comércio e serviços locais, vias coletoras e áreas de estacionamento e calçadas, onde o tráfego é mais frequente e existe uma velocidade desejável de até 40 km/h. Sua superfície regular oferece bom conforto ao rolamento e boa estética urbana.

Assim, o pavimento intertravado é recomendado especialmente em:

- Vias urbanas com tráfego leve ou moderado e velocidade até 40 km/h;
- Estacionamentos, calçadas e praças públicas;
- Vias onde se deseja boa estética e baixa manutenção a longo prazo.

7.2.3. Pavimentação Asfáltica

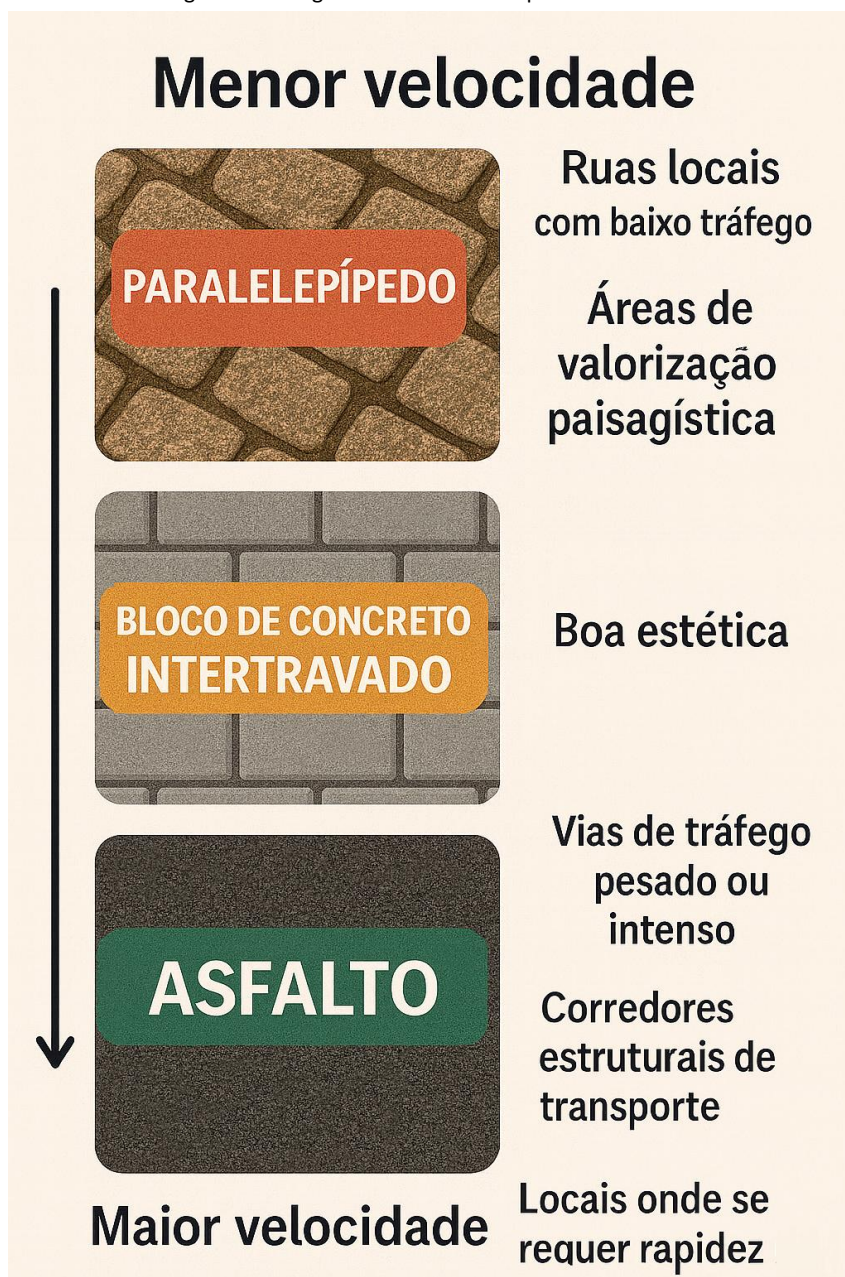
A pavimentação asfáltica é indicada para vias com tráfego moderado a muito pesado, especialmente onde se requer fluidez de tráfego, conforto de rolamento e alta velocidade operacional. Sua superfície contínua e lisa favorece velocidades acima de 50 km/h, sendo recomendada em vias arteriais, perimetrais e corredores de ônibus ou acesso a polos logísticos.

A pavimentação asfáltica é recomendável em:

- Vias de tráfego pesado ou intenso;
- Corredores estruturais de transporte;
- Locais onde se requer rapidez no traslado;
- Vias com velocidades operacionais superiores a 50 km/h.

Na figura a seguir, tem-se a relação velocidade desejável com tipo de pavimento:

Figura 26 – Diagrama Velocidade x Tipo de Pavimento.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

7.3. Custo do Ciclo de Vida Útil do Investimento

O custo do ciclo de vida de um investimento não considera apenas o gasto inicial da obra, mas todo o encadeamento de despesas e impactos ao longo do uso, como a construção, manutenções e reabilitações, tempo de intervenção na via e recomposição após aberturas de valas. A comparação entre paralelepípedo de rocha, pavimentação intertravada de concreto e asfalto deve, portanto, analisar o custo de implantação e de manutenção durante a vida útil da solução.

Nesse sentido, a Lei 14.133/2021 deslocou o eixo da contratação para a vantajosidade no ciclo de vida do objeto, e isso se aplica diretamente para a escolha

entre as soluções de pavimentação. No artigo 11, a Lei fixa como objetivo do processo licitatório selecionar a proposta “apta a gerar o resultado de contratação mais vantajoso para a Administração Pública, inclusive no que se refere ao ciclo de vida do objeto”, ou seja, não basta o menor preço inicial, deve ser levado em consideração também a manutenção, reabilitação, operação e impactos ambientais ao longo do tempo.

O art. 18 estrutura a fase preparatória para que essa visão de ciclo de vida vire prática. Ele exige que o processo comece com estudo técnico preliminar (ETP) e avance para termo de referência, anteprojeto, projeto, definição de condições de execução, orçamento estimado e demais peças, abordando considerações técnicas, mercadológicas e de gestão que interferem na contratação. Isso dá a base para comparar soluções de pavimentação incluindo o preço de implantação, o desempenho esperado, as rotinas de manutenção e as restrições operacionais ao longo da vida útil.

No ETP, a própria lei e as orientações do TCU, em divulgação sobre “Licitações e Contratos: Orientações e Jurisprudência do TCU”, detalham os conteúdos que amparam a análise de custo do ciclo de vida: descrição da necessidade; alinhamento ao Plano de Contratações Anual; requisitos; levantamento de mercado com análise de alternativas e justificativa técnica e econômica da solução; estimativa de custos; descrição da solução como um todo, inclusive exigências de manutenção e assistência técnica; resultados pretendidos em economicidade; providências prévias; contratações correlatas; e impactos ambientais com medidas mitigadoras.

O termo de referência deve então traduzir a solução escolhida “considerado todo o ciclo de vida do objeto”. Na prática, para pavimentos, isso significa especificar não só camadas, materiais e desempenho, mas também planos de manutenção, requisitos de executabilidade, desempenho funcional e critérios de recebimento que evitem custos ocultos futuros.

A própria lei permite que o critério menor preço leve em conta custos indiretos “relacionados com as despesas de manutenção, utilização, reposição, depreciação e impacto ambiental do objeto licitado [...] vinculados ao seu ciclo de vida”, desde que objetivamente mensuráveis. O TCU reforça que “menor dispêndio” não é apenas o menor lance, mas a melhor proposta quando se consideram esses custos de ciclo de vida.

Por fim, para evidenciar a necessidade de análise das alternativas no estudo técnico preliminar, tem-se como exemplo a IN SEGES nº 58/2022, que regulamenta a elaboração do ETP na administração pública federal, que define no seu artigo 6º que o ETP “deverá evidenciar o problema a ser resolvido e a melhor solução, de modo a permitir a avaliação da viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental da contratação”.

Dessa forma, após o gestor público tomar a decisão de pavimentar determinada via, deve-se analisar os custos relativos a todo o ciclo de vida útil das soluções de pavimentação no intuito de subsidiar a escolha mais adequada da solução.

7.3.1. Custo de Implantação

Para permitir comparação direta entre as três soluções de revestimento aqui analisadas (asfalto, paralelepípedo e pavimento intertravado de concreto), adotou-se, como premissa metodológica, que todas as alternativas partem da mesma estrutura de subleito, sub-base e base. Assim, o comparativo apresentado considera exclusivamente as diferenças de custo associadas à camada de revestimento — medida em R\$/m² — e não incorpora variações que possam advir de alternativas distintas de estratigrafia do solo, comportamento do subsolo, drenagem local ou projetos estruturais específicos. Essa escolha teve por objetivo fornecer uma visão direta e operacional do diferencial de custo entre as três soluções quando confrontadas em condições estruturais equivalentes; as planilhas detalhadas que suportam os cálculos estão no Apêndice A desta Nota Técnica.

A metodologia adotada para levantamento de preços foi: (i) utilização das composições e preços de referência do SINAPI (ajuste de referência nacional/estatal; referência adotada: base SINAPI — edição 09/2025 para o Estado do Piauí) como fonte primária para insumos e composições aplicáveis ao CBUQ e ao pavimento intertravado; (ii) para o pavimento intertravado utilizou-se especificamente a composição com bloco retangular de 6 cm de espessura, indicada para solicitações de tráfego leve e; e (iii) para o paralelepípedo os custos basearam-se na Nota Técnica nº 01/2024 sobre pavimentação em paralelepípedo do TCE-PI, que contém as composições e referências locais para pavimentação em paralelepípedo, os custos apresentados na nota técnica foram corrigidos até setembro de 2025 usando o índice IPCA.

Para o revestimento asfáltico (CBUQ), adotou-se a espessura de 5,0 cm da capa de rolamento. Essa espessura corresponde ao valor mínimo recomendado para revestimentos betuminosos em vias com tráfego da ordem de $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$, conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (2006). Considerando que o objetivo deste estudo é comparar os custos das soluções de pavimentação a partir de um modelo paradigma de via urbana, a adoção de 5,0 cm mostra-se adequada e tecnicamente representativa, tendo em vista a predominância de municípios de pequeno porte e tráfego leve em suas vias locais.

Importante ressaltar as limitações da metodologia: (i) a comparação exclui custos indiretos que podem variar por solução (ex.: custos de projeto específico, reforço local de base, intervenções de drenagem, eventuais obras de contenção lateral, mo-

bilização/ logística em áreas urbanas difíceis); (ii) não foram incorporadas diferenças operacionais de execução que podem afetar prazos e custos indiretos; (iii) considerou-se execução típica de referência para cada revestimento, conforme composições SINAPI e documentos técnicos citados; (iv) os custos finais apresentados correspondem apenas ao custo de implantação da camada de revestimento para fins ilustrativos de comparação das soluções, expressos em R\$/m², e devem ser analisados unicamente no contexto desta nota técnica e, para comparação de soluções específicas, devem ser consideradas as variáveis técnicas e urbanísticas do projeto.

Assim, custos de implantação da camada de revestimento obtidos:

- Revestimento com pavimentação asfáltica: R\$ 73,72/ m²
- Revestimento com pavimentação em paralelepípedo de rocha: R\$ 77,08/ m²
- Revestimento com pavimento intertravado de concreto: R\$ 81,46/ m²

Por fim, reforça-se que os resultados aqui apresentados são utilizados apenas como referência comparativa e que, para cada caso concreto de intervenção, deve ser realizado de forma independente o orçamento detalhado. As planilhas e composições (fontes, insumos, quantidades e fator de atualização monetária) que originaram os valores acima estão disponíveis no Apêndice A desta Nota Técnica.

7.3.2. Custo de Manutenção e Reabilitação

Para estimar o custo do ciclo de vida de cada solução de pavimentação é necessário identificar os custos de manutenção e recuperação que incidem ao longo de sua vida útil. Assim, a análise exige duas etapas: (i) a estimativa da vida útil típica de cada tipo de pavimento e (ii) a determinação dos custos de manutenção e reabilitação associados ao período considerado. Para fins de comparação entre alternativas com diferentes durações e regimes de intervenção, os custos futuros são trazidos a valor presente (VP), permitindo uniformizar a análise econômica entre pavimentos com comportamentos técnicos distintos.

A estimativa da vida útil das distintas soluções de pavimentação não é um exercício puramente objetivo; ao contrário, envolve julgamentos técnicos e a interpretação de múltiplas variáveis que influenciam o comportamento estrutural ao longo do tempo. Trata-se de etapa essencial para o dimensionamento econômico e para a definição de estratégias de intervenção no ciclo de vida. Para cada tipo de solução — asfalto, pavimento intertravado de concreto e paralelepípedos — é necessário compreender os mecanismos predominantes de degradação, estabelecer critérios de fim de vida fun-

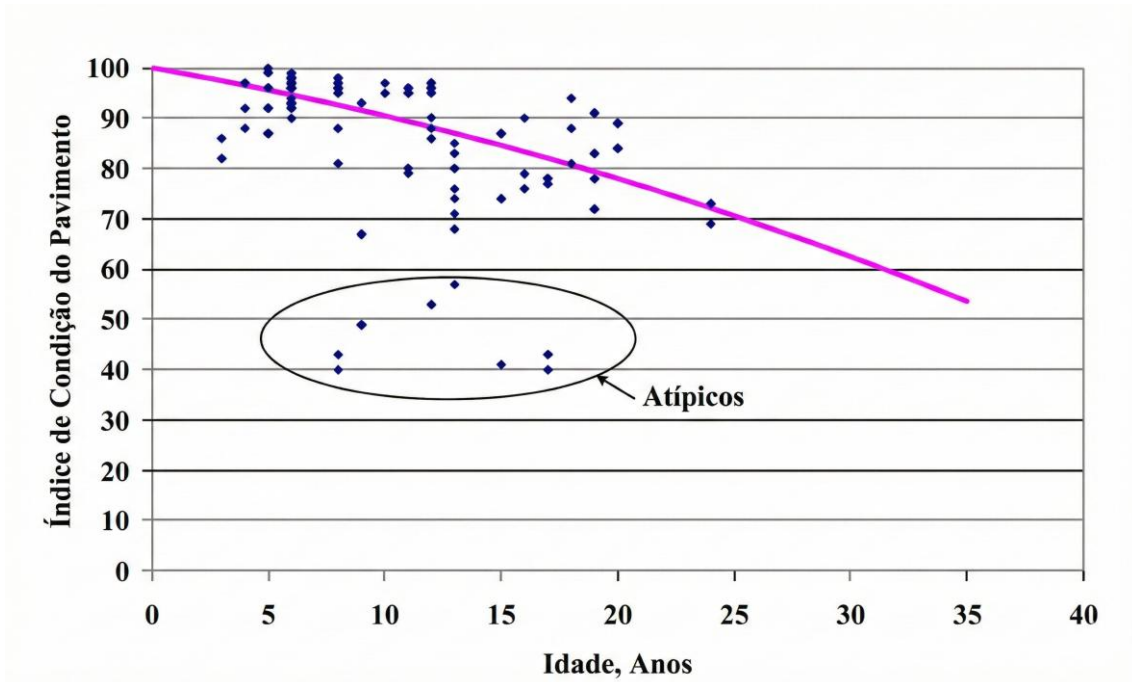
cional e prever o regime de manutenção capaz de restabelecer níveis adequados de desempenho funcional, algo que não é trivial, como veremos a seguir.

Para a pavimentação Asfáltica, o fim da vida útil é um processo gradual de perda de desempenho funcional, resultante da combinação de mecanismos que atuam simultaneamente. Entre os mais relevantes estão a fadiga por flexão — manifestada por trincas em “couro de jacaré” originadas pela repetição cíclica de cargas; a oxidação e envelhecimento do ligante, que tornam a mistura mais rígida e suscetível a fissuras; e a deformação permanente, como trilha de roda, decorrente da consolidação das camadas granulares ou da fluência da mistura sob cargas lentas. O fim de vida ocorre quando esses fenômenos, isolados ou combinados, comprometem a funcionalidade (regularidade, estanqueidade, drenagem) e a integridade estrutural, exigindo reabilitação profunda (ex.: fresagem e recapeamento ou reconstrução).

Já o pavimento intertravado de concreto apresenta modos de falha distintos dos pavimentos contínuos: a degradação funcional tende a ser progressiva e, em grande parte, não destrutiva para o material de revestimento. As patologias típicas em fluxo leve são o afundamento em trilha de roda — resultante da densificação do leito de areia ou de falhas na base granular — e a perda de intertravamento, causada pela erosão ou perda da areia de juntas, que reduz a capacidade de transferência de carga entre blocos e pode provocar rotações e pequenas quebras de cantos. Em horizontes longos pode ocorrer abrasão superficial, mas blocos de qualidade elevada resistem bem. O critério usual de fim de vida funcional é o afundamento excessivo (tipicamente >15–20 mm), que afeta drenagem e conforto; a reabilitação usualmente consiste em retirar e reassentar os blocos após correção do apoio granular, o que permite vidas úteis prolongadas (ordem de 40 anos ou mais) sem substituição dos elementos de revestimento.

Na Figura a seguir tem-se um gráfico que representa o índice de Condição do Pavimento Intertravado, esse índice é uma escala numérica de 0 a 100 que avalia o estado de conservação da superfície de uma via, baseando-se na quantidade e severidade dos defeitos visíveis para orientar a manutenção.

Figura 27 – índice de condição do Pavimento Intertravado de Concreto.



Fonte: (Hein e Smith, 2019 conforme Stantec Consulting Ltd. (2023))

Em relação a pavimentação em paralelepípedo, a pedra natural praticamente não se deprecia sob tráfego leve — não há fadiga do material, oxidação ou trincas por carga — e, por isso, o fim da vida útil é determinado pela perda de desempenho funcional: recalques diferenciais da base que tornam a superfície irregular, ruidosa e desconfortável, comprometendo a função de circulação. Em horizontes muito longos (acima de décadas) pode ocorrer polimento da face superior das pedras, reduzindo o coeficiente de atrito e a segurança em condições molhadas. A reabilitação funcional requer tipicamente a reciclagem total do revestimento — levantamento e reassentamento das pedras ou tratamento superficial — procedimento que possibilita prolongar a vida útil técnica a patamares superiores a 50 anos.

Para verificar os custos de manutenção e recuperação adotou-se o estudo *Interlocking Concrete Pavement Life Cycle Cost Analysis*, elaborado em 2023 pela Stantec Consulting Ltd. para a ICPI Foundation, instituição norte-americana dedicada à pesquisa e difusão técnica sobre pavimentos intertravados. Que teve como objetivo central comparar o desempenho econômico do pavimento intertravado de concreto em relação ao asfáltico.

O estudo mencionado realizou a comparação do desempenho desses pavimentos para diversos tipos de resistências do subleito e nível de tráfego, além taxas de desconto diferentes para a comparação. Com o objetivo uniformizar a análise dessa nota técnica, adotaram-se as seguintes premissas:

- CBR = 3 %, já que o Manual de Pavimentação do DNIT de 2006 estabelece que $CBR \leq 2\%$ não poderiam ser utilizados sem reforço, então adotou-se a tabela com menor CBR do estudo mencionado;
- Tráfego leve, pois a nota técnica trata de pavimentação em zonas urbanas nos municípios piauienses, portanto, predominantemente municípios de pequeno porte;
- Cenário com taxa de desconto de 4 %, para trazer a valor presente os custos de manutenção e reabilitação dos pavimentos;
- Vida útil a título comparativo = 50 anos, pois inclui as manutenções rotineiras e a reabilitação dos pavimentos, conforme apontado no estudo *Interlocking Concrete Pavement Life Cycle Cost Analysis*.

Dessa forma, o percentual de custos de manutenção e reabilitação com base no custo inicial de implantação foi de 63,56 % para a pavimentação asfáltica e 2,87 % para a pavimentação em intertravado de concreto, as planilhas e gráficos que embasaram esse cálculo estão disponíveis no apêndice B desta nota técnica.

Já em relação a pavimentação em paralelepípedo de rocha, ela tende a ter custos de manutenção e reparação menores que do pavimento intertravado, pois quando utilizada uma pedra rochosa de boa qualidade, não se observa a quebra dela ao longo dos anos, ou seja, não há necessidade de substituições, a manutenção resume-se apenas a reparos e reacomodações das pedras. Assim, partindo da composição de custos de manutenção e reabilitação para o pavimento intertravado do estudo *Interlocking Concrete Pavement Life Cycle Cost Analysis*, retirou-se o item substituição de de *pavers* trincados (Conforme planilhas no Apêndice B), mantendo os demais, pois a forma de manutenção de pavimentação intertravada é muito similar à de pavimentação em paralelepípedo. Dessa forma, adotou-se o custo de manutenção e reabilitação do pavimento em paralelepípedo em 2,30 % do custo de implantação.

Assim, com base nessas premissas, calculou-se o custo de ciclo de vida das soluções em pavimentação, exclusivamente relação as camadas de revestimento, obtendo os valores a seguir:

Custo de ciclo de vida útil do revestimento da pavimentação asfáltica:

- $R\$ 73,72 + 63,56 \% \times R\$ 73,72 = R\$ 73,71 + R\$ 46,86 = R\$ 120,57$ por m^2 .

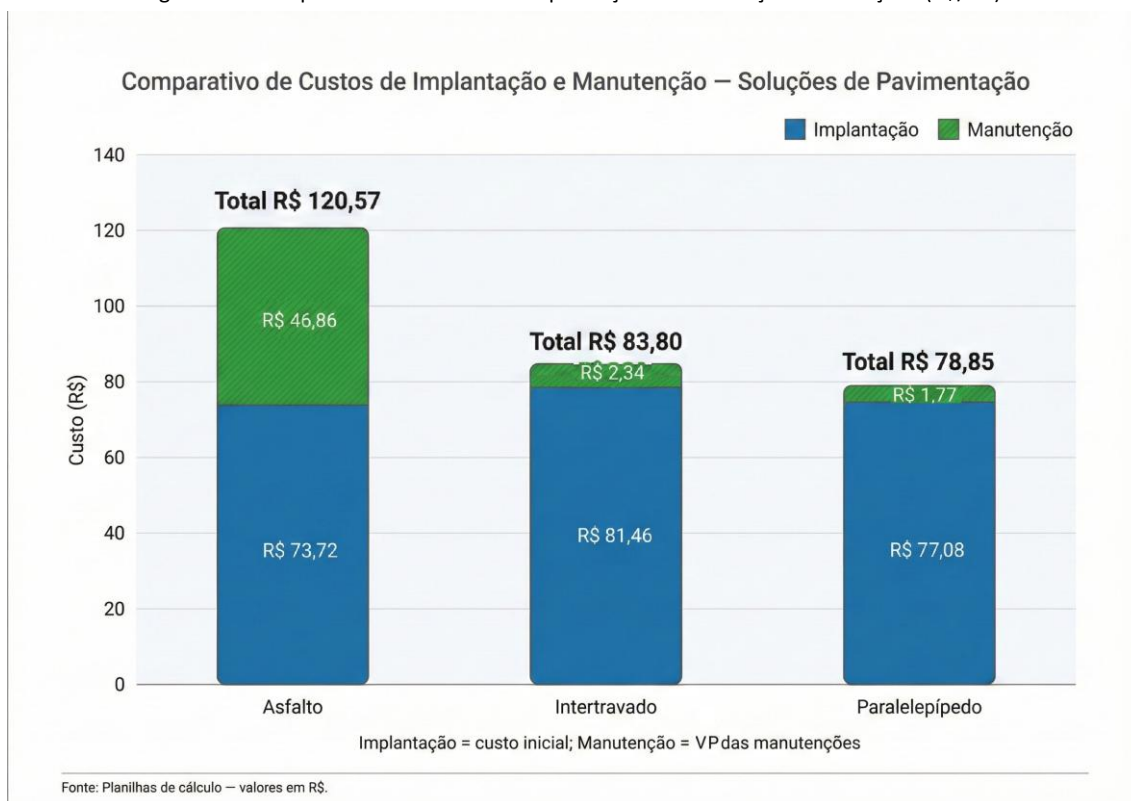
Custo de ciclo de vida útil do revestimento em pavimentação em intertravado de concreto:

- $R\$ 81,46 + 2,87 \% \times R\$ 81,46 = R\$ 81,46 + R\$ 2,34 = R\$ 83,80$ por m^2 .

Custo do ciclo de vida útil do revestimento em paralelepípedo:

- $R\$ 77,08 + 2,30 \% \times R\$ 77,08 = R\$ 77,08 + R\$ 1,77 = R\$ 78,85$ por m^2 .

Figura 28 – Comparativo dos custos de implantação e manutenção das soluções (R\$/m²).



Fonte: DFINFRA/TCE-PI

Analisando comparativamente as três soluções, verifica-se que a decisão técnica não pode se limitar ao custo inicial. No gráfico, o asfalto apresenta implantação relativamente menor (R\$ 73,72/m²), porém manutenção elevada (R\$ 46,86/m²), resultando no maior custo total (R\$ 120,57/m²). O intertravado tem implantação mais alta (R\$ 81,46/m²) mas manutenção baixa (R\$ 2,34/m²), com total de R\$ 83,80/m², totalizando R\$ 83,80/m²; o paralelepípedo mostra implantação de R\$ 77,08/m² e manutenção e reparação de R\$ 1,77/m², com total de R\$ 78,85/m². Em consequência, o perfil econômico difere: o asfalto configura custos menores de implantação e altos custos de manutenção e reabilitação, enquanto o intertravado e o paralelepípedo demandam maior investimento inicial, porém geram passivos de manutenção e reabilitação muito inferiores. Portanto, a escolha da solução deve priorizar a análise de ciclo de vida.

Além disso, quando a implantação não é executada adequadamente, é previsível que os custos de manutenção aumentem, elevando riscos orçamentários e operacionais no médio e longo prazo. Em consequência, o ente público deve incorporar ao processo decisório avaliações de ciclo de vida e garantias de qualidade, além de confrontar os cenários com sua capacidade financeira do ente público, de modo a escolher a alternativa mais sustentável técnica e financeiramente.

7.4. Conforto Térmico

O clima predominante no estado do Piauí impõe a necessidade de se considerar o conforto térmico urbano como critério técnico na escolha entre soluções de pavimentação, especialmente diante dos efeitos das mudanças climáticas nas cidades.

Diferentes tipos de revestimento interagem de formas distintas com a radiação solar e com a temperatura do ar, influenciando diretamente a ocorrência de ilhas de calor e o nível de conforto térmico junto ao pavimento.

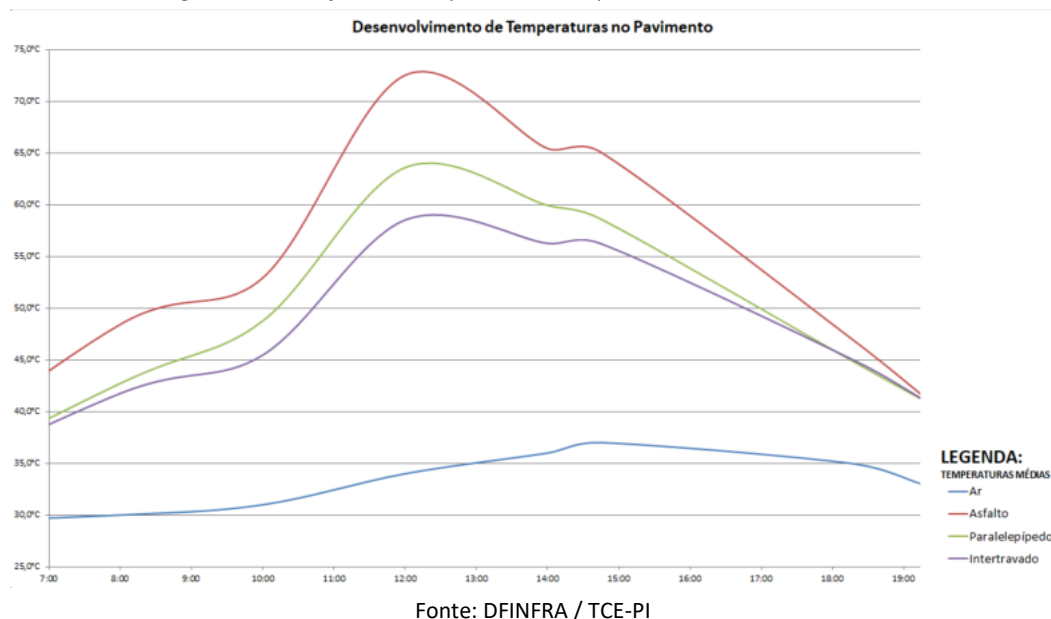
Com esse objetivo, esta nota técnica apresenta uma análise comparativa entre os pavimentos asfáltico, de paralelepípedos e de blocos intertravados de concreto, tendo como referência três fontes principais de informação:

- Medições térmicas realizadas in loco pela equipe técnica responsável por esta nota técnica, em três tipos de pavimentação implantados na cidade de Teresina – PI, com o uso de termômetro infravermelho portátil;
- O estudo comparativo realizado por Sousa et al. (2017) na cidade de Sobral – CE, apresentado no Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), que avaliou a variação de temperatura superficial entre pavimentos urbanos de diferentes materiais (asfalto, calçamento, intertravado e solo exposto);
- O relatório internacional *“Interlocking Concrete Pavement – Life Cycle Cost Analysis (ICP LCCA)”* que reúne dados sobre desempenho térmico, durabilidade e custos de ciclo de vida de pavimentos intertravados de concreto em comparação a soluções asfálticas.

A partir desses dados e referências, são descritas a seguir as características térmicas observadas para cada tipo de pavimento.

O gráfico a seguir apresenta o desenvolvimento das temperaturas superficiais ao longo de um dia (26 de novembro de 2025) para três tipos de pavimento — asfalto, paralelepípedo e blocos intertravados — além da temperatura do ar como referência. Os dados foram obtidos por meio de medições in loco, realizadas em intervalos regulares entre 7h e 19h, permitindo comparar o comportamento térmico de cada material sob exposição solar. Observa-se no gráfico a diferença de aquecimento e resfriamento entre as superfícies, evidenciando como cada tipo de pavimento responde às condições ambientais ao longo do dia.

Figura 29 – Medições de Temperatura nos Tipos de Pavimento em Teresina.



7.4.1. Pavimentação Asfáltica

O revestimento asfáltico, caracterizado por sua coloração escura e baixa refletância, absorve a maior parte da radiação solar incidente. Essa energia acumulada é posteriormente irradiada para o ambiente, elevando a temperatura da superfície e do ar nas imediações. A baixa capacidade de reflexão e a impermeabilidade do material agravam o desconforto térmico urbano, contribuindo para o fenômeno das ilhas de calor.

As medições de temperatura superficial realizadas in loco, na cidade de Teresina, pela equipe técnica responsável por esta nota técnica, confirmam esse comportamento: O pavimento asfáltico alcançou temperatura máxima de 72 °C por volta do meio-dia, representando o valor mais elevado entre os tipos de revestimento avaliados. Para efeito de comparação, o paralelepípedo atingiu 64 °C e o bloco intertravado de concreto, 58 °C, sob as mesmas condições climáticas.

Essas observações são coerentes com os dados do estudo realizado por Sousa et al. (2017), no município de Sobral – CE, o qual demonstrou que em ambientes com pavimentação asfáltica a temperatura do local alcança médias superiores às de outras superfícies urbanas. As diferenças na média total, levando em consideração diferentes horários e alturas de medição chegaram a +0,59 °C em comparação com blocos intertravados de concreto e +1,23 °C em relação ao calçamento de paralelepípedo de rocha.

Figura 30 – Medições de Temperatura no Asfalto em Teresina.



Fonte: DFINFRA / TCE-PI

A média geral de temperaturas, considerando todos os turnos, alturas e tipos de temperaturas medidas no artigo de Sousa et al. (2017).

Figura 31 – Média geral da temperatura do ambiente, segundo o tipo de pavimentação.

Tipo de pavimentação	Temperatura média (°C)	Diferença (°C)	Diferença acumulada (°C)
Terra	32,67	0,00	0,00
Calçamento	33,09	+0,42	+ 0,42
Blocos intertravados	33,73	+0,64	+1,06
Asfáltica	34,32	+0,59	+1,65

Fonte: Sousa et al. (2017).

Além disso, ainda nesse estudo sobre Sobral – CE, também se destacam as diferenças observadas ao longo dos turnos de medição, conforme imagem a seguir:

Figura 32 – Temperaturas do ambiente medidas por turno, segundo o tipo de pavimentação.

Tipo de pavimentação	Manhã (°C)	Tarde (°C)	Noite (°C)
Terra	33,88	34,66	29,47
Calçamento	34,04	35,53	29,69
Blocos intertravados	34,63	36,67	29,90
Asfáltica	35,58	37,23	30,17

Fonte: Sousa et al. (2017).

Chama a atenção a diferença de temperatura observada entre o pavimento asfáltico e os de paralelepípedo e intertravado nos turnos da manhã — tanto no estudo de Sousa et al. (2017) em Sobral-CE quanto nas medições realizadas pela DFINFRA ao longo do dia —, sobretudo nos horários de maior movimentação da população, durante a manhã e à tarde. Enquanto o revestimento asfáltico atinge temperaturas significativamente superior durante o período diurno, os pavimentos de blocos intertravados de concreto e de paralelepípedo apresentam aquecimento mais moderado; já à noite as temperaturas tendem a se igualar. Em termos de conforto térmico, isso significa que os efeitos adversos do aquecimento incidem precisamente sobre o horário útil de trabalho e sobre os períodos de deslocamento diurno das pessoas, afetando diretamente a sensação térmica, a exposição ao calor e a qualidade da mobilidade urbana.

7.4.2. Pavimentação em Paralelepípedo de Rocha

A pavimentação com paralelepípedos de rocha natural — geralmente em tonalidades claras a médias, como cinza, rosado ou bege — apresenta características térmicas distintas da pavimentação asfáltica. Devido à sua coloração mais clara e à menor condutividade térmica superficial, esse tipo de revestimento tende a refletir uma fração maior da radiação solar incidente, acumulando menos calor ao longo do dia.

As medições realizadas *in loco* em Teresina, no mesmo período das avaliações do asfalto e do intertravado, apontaram picos de temperatura de até 64 °C no paralelepípedo, valor intermediário entre os registrados no asfalto (72 °C) e no bloco intertravado (58 °C). Isso indica que, embora o paralelepípedo possa absorver mais calor que o intertravado, ele ainda representa uma alternativa mais amena em relação ao asfalto convencional.

Figura 33 – Medição de Temperatura em Pavimento de Paralelepípedo.



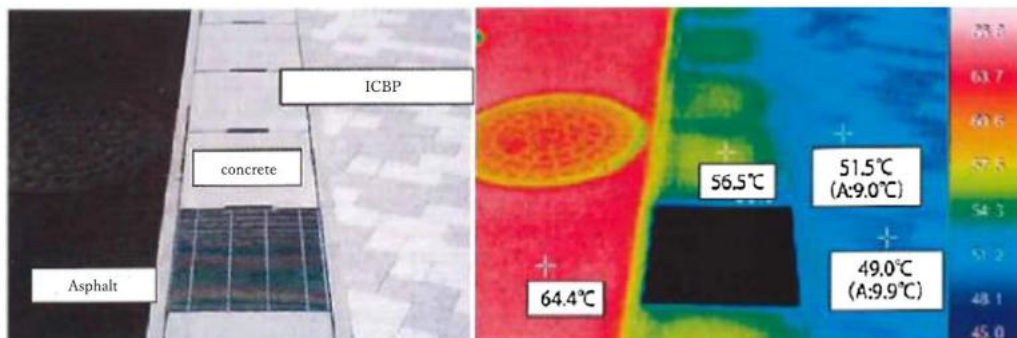
Fonte: DFINFRA / TCE-PI

7.4.3. Pavimentação em Blocos Intertravados de Concreto

Os blocos intertravados de concreto, frequentemente utilizados com coloração clara, apresentam vantagens térmicas em relação a pavimentação asfáltica.

No relatório técnico *"Interlocking Concrete Pavement – Life Cycle Cost Analysis (ICP LCCA)"*, desenvolvido pela *"Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI)"*, já mencionado, o foi realizada uma análise comparativa de temperatura superficial entre diferentes pavimentos expostos ao sol em condições de verão. Os dados termográficos apresentados indicaram que a temperatura do asfalto atingiu 64,4°C, enquanto o pavimento intertravado alcançou 49,0°C, resultando em uma diferença de 15,4°C entre os dois revestimentos analisados, conforme imagem a seguir:

Figura 34 – Medição de Temperatura em Pavimento asfáltico, concreto e intertravado.



Fonte: (JIEPA, 2017 conforme Stantec Consulting Ltd. (2023))

8. CONCLUSÃO

A presente Nota Técnica foi elaborada com caráter orientador, com o propósito de contribuir para o aprimoramento do planejamento das contratações de obras de pavimentação urbana, apresentando fundamentos técnicos, econômicos e operacionais que auxiliem o gestor público na escolha da solução mais adequada.

Conforme exposto na apresentação deste documento, buscou-se esclarecer as razões que balizam o planejamento desses investimentos, destacando sua relevância para a qualidade de vida da população, para a eficiência dos investimentos públicos e para a sustentabilidade financeira do ente municipal.

Ao longo da nota técnica, foram expostos os principais benefícios associados à pavimentação urbana, tais como: A significativa redução de poeira e de lamaçais; o incremento das condições de salubridade em áreas comerciais e de serviços; a elevação do conforto ao rolamento e a consequente redução de custos de manutenção de veículos; a melhoria da acessibilidade urbana; e a valorização imobiliária e indução ao desenvolvimento local.

A Nota também destacou a importância do Estudo Técnico Preliminar (ETP) como instrumento da fase preparatória da contratação. O ETP tem por finalidade evidenciar a necessidade pública a ser atendida, analisar alternativas técnicas disponíveis, estimar custos e justificar, com fundamentação consistente, a solução escolhida. A obrigatoriedade do ETP decorre do art. 18 da Lei nº 14.133/2021, que determina que a fase preparatória deve demonstrar a viabilidade técnica e econômica do objeto, incluindo descrição da necessidade, levantamento de mercado, estimativa de custos, impactos ambientais, exigências de manutenção, entre outros elementos indispensáveis à adequada tomada de decisão.

O escopo desta Nota concentrou-se na análise das três soluções de pavimentação mais empregadas nos municípios piauienses — paralelepípedo de rocha, intertravado de concreto e pavimentação asfáltica — destacando suas características,

aplicações indicadas e limitações. Foram ainda discutidas as patologias típicas de cada solução, evidenciando que falhas de implantação, ausência de controle tecnológico e insuficiência de manutenção aceleram o processo de deterioração, elevam os custos futuros e reduzem a vida útil do pavimento.

Tendo em vista esses aspectos, esta Nota Técnica consolidou critérios objetivos que devem orientar o gestor público na elaboração do ETP e na definição da solução de pavimentação a ser adotada. Assim, ao justificar técnica e economicamente a escolha da alternativa, o gestor deve considerar:

1. O custo do ciclo de vida útil do pavimento, contemplando implantação, manutenção preventiva, manutenção corretiva e eventuais recomposições decorrentes de intervenções subterrâneas;
2. As condições de tráfego da via, incluindo intensidade, peso e composição dos veículos, com vistas a projetar o desempenho esperado ao longo dos anos;
3. O conforto térmico desejado, especialmente relevante em áreas urbanas dos municípios;
4. Fatores ambientais, tais como permeabilidade, drenagem e impacto urbanístico;
5. A previsão de implantação, expansão ou reparo de redes subterrâneas, de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem, de modo a evitar retrabalhos e garantir a compatibilidade entre infraestrutura enterrada e solução de revestimento superficial, prevendo futuras intervenções;
6. A capacidade financeira do ente público, tanto para arcar com os custos de implantação quanto, sobretudo, para garantir a manutenção periódica ao longo de todo o ciclo de vida útil do pavimento.

Diante disso, esse conjunto de elementos aqui consolidados deve orientar o processo de escolha da solução de pavimentação, reduzindo riscos de contratações inadequadas e favorecendo a execução de obras mais eficientes, duráveis e alinhadas ao interesse público.

As análises desenvolvidas ao longo da Nota demonstram que cada tipo de pavimento apresenta características próprias que, quando devidamente avaliadas no Estudo Técnico Preliminar, potencializam a eficiência do investimento.

O paralelepípedo de rocha, reconhecido por sua elevada durabilidade, integração paisagística e excelente capacidade de recomposição, destaca-se como alternativa adequada para vias de tráfego leve e áreas de preservação urbanística.

Por outro lado, o pavimento intertravado de concreto, marcado pela rápida execução, elevada manutenibilidade, bom desempenho térmico e estética versátil, mostra-se solução eficiente para vias de tráfego leve a moderado em ambientes urbanos.

Já a pavimentação asfáltica, ao oferecer elevada regularidade superficial, maior conforto ao rolamento e desempenho superior em situações de tráfego intenso, é preferencialmente indicada para vias arteriais e corredores estruturais de mobilidade.

Assim, esta Nota Técnica deve servir como instrumento orientador para que os gestores municipais elaborem “Estudos Técnicos Preliminares – ETP’s” consistentes e fundamentem tecnicamente a escolha da solução de pavimentação mais adequada às condições locais, considerando de forma integrada a demanda de tráfego, a existência de redes subterrâneas, o custo do ciclo de vida, os aspectos ambientais e a capacidade financeira do ente público.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. Highway Safety Manual. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15953:2011 — Pavimento intertravado — Execução. Rio de Janeiro, 2011.

ABPV – Associação Brasileira de Pavimentação. Manual de Asfalto. Rio de Janeiro: ABPV, 2019.

AGUIAR, K. L. F. et al. Patologias em pavimentos intertravados de concreto: causas e prevenção. São Paulo: Atena Editora, 2021. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br>. Acesso em: 2 dez. 2025.

ALMEIDA, C. R.; PAIVA, F. A. Avaliação de falhas em calçamentos históricos. In: ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. XXV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2011, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: ANPET, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. ABNT NBR 9.781/2013 e ABNT NBR 15.953/2011: pavimentação com peças pré-moldadas de concreto. 4. ed. São Paulo, 1998.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Estatuto da Pessoa com Deficiência.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2013.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT 007/2003-PRO. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Especificação de Serviço DNIT 031/2006 – ES: Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Especificação de Serviço DNIT 165/2018 – ES: Tratamento Superficial. Brasília: DNIT, 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Especificação de Serviço DNIT 167/2018 – ES: Microrrevestimento Asfáltico. Brasília: DNIT, 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Especificação de Serviço DNIT 181/2018 – ES: Diretrizes para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis. Brasília: DNIT, 2018.

DENATRAN. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I: Sinalização Vertical de Regulamentação. Brasília: Ministério das Cidades, 2018.

ENGUCM. Patologias em pavimentos: causas e soluções. [S. l.]: Engenharia UCAM, 2021. Disponível em: <https://engucm.wordpress.com>. Acesso em: 2 dez. 2025.

EVALUATION of factors influencing road dust loadings in urban environments. Journal of the Air & Waste Management Association, v. 71, n. 2, p. 157–171, 2021.

FHWA – Federal Highway Administration. Relating Ride Quality and Structural Adequacy for Pavement Management. Washington, D.C., 2012.

FUGITIVE dust suppression in unpaved roads: state of the art. Sustainability, v. 13, n. 4, p. 2399, 2021.

GEWEHR, R. R. Pavimentos sobre calçamentos antigos: riscos e soluções. Asfalto de Qualidade, 2013. Disponível em: <https://asfaltodequalidade.blogspot.com>. Acesso em: 2 dez. 2025.

Hein, D., & Smith, D. (2009). LIFE-CYCLE COST COMPARISON FOR MUNICIPAL ROAD PAVEMENTS. 9th. International Conference on Concrete Block Paving.

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Tecnologia do Asfalto Modificado por Polímeros. São Paulo: IBRACON, 2018.

INOVA CIVIL. Tipos de patologias em pavimentos asfálticos. [S. l.]: Inova Civil, 2021. Igor Pinheiro. Disponível em: <https://inovacivil.com.br/as-patologias-mais-comuns-nas-estradas/> Acesso em: 2 dez. 2025.

Interlocking Concrete Pavement Life Cycle Cost Analysis. ICPI Foundation, 2013. Prepared by: Stantec Consulting Ltd. Infrastructure Management & Pavement Engineering. Disponível em: <https://www.masonryandhardscapes.org/wp-content/uploads/2024/11/30-ICP-LCCA-Final-Report.pdf>. Acesso em 4 dez. 2025.

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI). Tech Spec 7 — Repair of Utility Cuts Using Interlocking Concrete Pavements. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.icpi.org>. Acesso em: 4 dez. 2025.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras. Brasília: IPEA, 2015.

IRJET – International Research Journal of Engineering and Technology. Failure analysis of concrete paver blocks pavement. IRJET, v. 8, n. 3, 2021. Disponível em: <https://irjet.net>. Acesso em: 2 dez. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Programa Vida no Trânsito: Manual de Implementação. Brasília, 2017.

OMS – Organização Mundial da Saúde. Global Status Report on Road Safety 2018. Genebra: WHO, 2018.

PARANÁ. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Impactos da pavimentação na qualidade do ar e na saúde pública. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2021.

PINTO, J. I. B. R. Caracterização superficial de pavimentos rodoviários. 2003. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003.

PUBLICAÇÕES EVENTOS UNIJUÍ. Pavimentação urbana e seus impactos ambientais e sanitários: uma revisão. Santa Rosa: Unijuí, 2021.

TCE-PI – Tribunal de Contas do Estado do Piauí. Cartilha de Acessibilidade nas Edificações Públicas e Espaços Públicos. Teresina: TCE-PI, 2019.

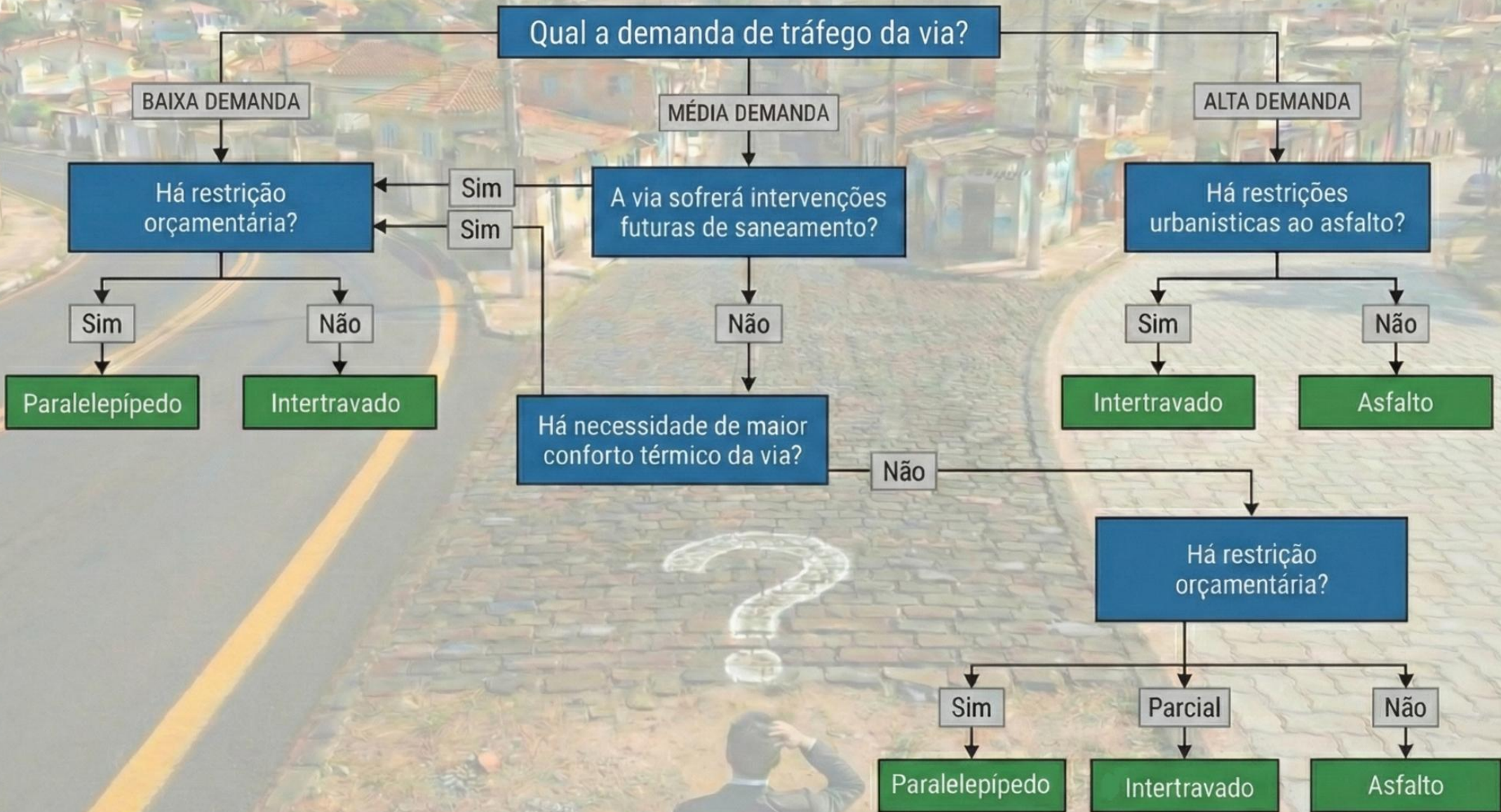
TCDF – Tribunal de Contas do Distrito Federal. TCDF encontra superfaturamento de R\$ 6,5 milhões em obras de asfalto no Plano Piloto. 2023. Disponível em: <https://www2.tc.df.gov.br/tcdf-encontra-superfaturamento-de-r-65-milhoes-em-obras-de-asfalto-no-plano-piloto>. Acesso em: 4 dez. 2025.

UNITED STATES. Federal Highway Administration (FHWA). Permeable Interlocking Concrete Pavement. Washington, D.C.: FHWA, 2019. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/pubs/hif19021.pdf> Acesso em: 4 dez. 2025.

WORLD BANK. Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements and for Using IRI. Washington, D.C., 2005.

ŽURAULIS, V.; et al. An analysis of the impact on vehicle dynamic response due to pavement roughness. Applied Sciences, v. 11, n. 21, 2021.

Recomendações de pavimento para cada tipo de via



10. APÊNDICE A

10.1. Pavimentação Asfáltica – Custo Implantação.

Obra PAVIMENTO CBUQ			Bancos SINAPI - 09/2025 - Piauí	B.D.I. 0,0%	Encargos Sociais Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.			
Planilha Orçamentária Analítica								
1	REVESTIMENTO CBUQ							73,72
1.1	Código Banco	Descrição	Tipo	Und	Quant.	Valor Unit	Total	
Composição	102470 SINAPI	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30, PARA OBRAS DE CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS. AF_09/2024	Aterros, Bases, Sub bases e Imprimações	m²	1,0000000	1,05	1,05	
Composição Auxiliar	5841 SINAPI	VASSOURA MECÂNICA REBOCÁVEL COM ESCOVA CILÍNDRICA, LARGURA ÚTIL DE VARRIMENTO DE 2,44 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0039606	4,69	0,01	
Composição Auxiliar	89035 SINAPI	TRATOR DE PNEUS, POTÊNCIA 85 CV, TRAÇÃO 4X4, PESO COM LASTRO DE 4.675 KG - CHP DIURNO. AF_06/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0016370	123,27	0,20	
Composição Auxiliar	89036 SINAPI	TRATOR DE PNEUS, POTÊNCIA 85 CV, TRAÇÃO 4X4, PESO COM LASTRO DE 4.675 KG - CHI DIURNO. AF_06/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0046842	42,45	0,19	
Composição Auxiliar	83362 SINAPI	ESPARGIDOR DE ASFALTO PRESSURIZADO, TANQUE 6 M3 COM ISOLAÇÃO TÉRMICA, AQUECIDO COM 2 MAÇARICOS, COM BARRA ESPARGIDORA 3,60 M, MONTADO SOBRE CAMINHÃO TOCO, PBT 14.300 KG, POTÊNCIA 185 CV - CHP DIURNO. AF_05/2023	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0009134	262,15	0,23	
Composição Auxiliar	91486 SINAPI	ESPARGIDOR DE ASFALTO PRESSURIZADO, TANQUE 6 M3 COM ISOLAÇÃO TÉRMICA, AQUECIDO COM 2 MAÇARICOS, COM BARRA ESPARGIDORA 3,60 M, MONTADO SOBRE CAMINHÃO TOCO, PBT 14.300 KG, POTÊNCIA 185 CV - CHI DIURNO. AF_05/2023	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0046842	66,00	0,30	
Composição Auxiliar	88316 SINAPI	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Livro SINAPI: Cálculos e Parâmetros	H	0,0055976	20,10	0,11	
Composição Auxiliar	5839 SINAPI	VASSOURA MECÂNICA REBOCÁVEL COM ESCOVA CILÍNDRICA, LARGURA ÚTIL DE VARRIMENTO DE 2,44 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0016370	9,33	0,01	
Insumo	00043830 SINAPI	ASFALTO DILUIDO DE PETROLEO CM-30	Material	KG	1,2000000	0,00	0,00	
			MO sem LS =>	0,28	LS =>	0,00	MO com LS =>	0,28
			Valor do BDI =>	0,00			Valor com BDI =>	1,05
					Quant. =>	1,00	Preço Total =>	1,05

1.2	Código Banco	Descrição	Tipo	Und	Quant.	Valor Unit	Total		
Composição	95995 SINAPI	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	Asfalto	m³	1,0000000	1.453,51	1.453,51		
Composição Auxiliar	96464 SINAPI	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSÃO VARIÁVEL, POTÊNCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF_06/2017	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0990000	91,46	9,05		
Composição Auxiliar	96463 SINAPI	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSÃO VARIÁVEL, POTÊNCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHP DIURNO. AF_06/2017	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0419000	220,21	9,22		
Composição Auxiliar	96157 SINAPI	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 85 CV, TRAÇÃO 4X4, COM VASSOURA MECÂNICA ACOPLADA - CHP DIURNO. AF_03/2017	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0341000	131,61	4,48		
Composição Auxiliar	95632 SINAPI	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,20/11,65 T, LARGURA DE TRABALHO 1,73 M - CHI DIURNO. AF_11/2016	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0607000	84,83	5,14		
Composição Auxiliar	88314 SINAPI	RASTELEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Livro SINAPI: Cálculos e Parâmetros	H	1,1301000	23,69	26,77		
Composição Auxiliar	5835 SINAPI	VIBROACABADORA DE ASFALTO SOBRE ESTEIRAS, LARGURA DE PAVIMENTAÇÃO 1,90 M A 5,30 M, POTÊNCIA 105 HP CAPACIDADE 450 T/H - CHP DIURNO. AF_11/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0464000	342,83	15,90		
Composição Auxiliar	96155 SINAPI	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 85 CV, TRAÇÃO 4X4, COM VASSOURA MECÂNICA ACOPLADA - CHI DIURNO. AF_02/2017	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,1071000	46,92	5,02		
Composição Auxiliar	91386 SINAPI	CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3, TRUCADO CABINE SIMPLES, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,80 M, POTÊNCIA 230 CV INCLUSIVE CAÇAMBA METÁLICA - CHP DIURNO. AF_06/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0464000	258,33	11,98		
Composição Auxiliar	5837 SINAPI	VIBROACABADORA DE ASFALTO SOBRE ESTEIRAS, LARGURA DE PAVIMENTAÇÃO 1,90 M A 5,30 M, POTÊNCIA 105 HP CAPACIDADE 450 T/H - CHI DIURNO. AF_11/2014	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0949000	130,82	12,41		
Composição Auxiliar	95631 SINAPI	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,20/11,65 T, LARGURA DE TRABALHO 1,73 M - CHP DIURNO. AF_11/2016	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0805000	231,82	18,66		
Insumo	00001518 SINAPI	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, PADRÃO DNIT, FAIXA C, COM CAP 50/70 - AQUISIÇÃO POSTO USINA	Material	T	2,5548000	522,50	1.334,88		
				MO sem LS =>	32,24	LS =>	0,00	MO com LS =>	32,24
				Valor do BDI =>	0,00			Valor com BDI =>	1.453,51
						Quant. =>	0,05	Preço Total =>	72,67

Fonte: SINAPI. Elaboração: DFINFRA / TCE-PI.

10.2. Pavimentação em Intertravado de Concreto – Custo Implantação.

Obra		Bancos		B.D.I.	Encargos Sociais				
PAVIMENTAÇÃO EM BLOCOS INTERTRAVADOS		SINAPI - 09/2025 - Piauí		0,0%	Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.				
Planilha Orçamentária Analítica									
1	PAVIMENTAÇÃO EM BLOCOS INTERTRAVADOS						81,46		
1.1	Código Banco	Descrição	Tipo	Und	Quant.	Valor Unit	Total		
Composição	93680 SINAPI	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COLORIDO DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM. AF_10/2022	Pavimento Intertravado	m²	1,0000000	81,46	81,46		
Composição Auxiliar	91277 SINAPI	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0041000	9,88	0,04		
Composição Auxiliar	91285 SINAPI	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHI DIURNO. AF_08/2015	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0970000	0,51	0,04		
Composição Auxiliar	91278 SINAPI	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHI	0,0967000	0,78	0,07		
Composição Auxiliar	91283 SINAPI	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	Custos Horários Produtivo e Improdutivo dos Equipamentos	CHP	0,0038000	9,42	0,03		
Composição Auxiliar	88260 SINAPI	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Livro SINAPI: Cálculos e Parâmetros	H	0,2015000	24,99	5,03		
Composição Auxiliar	88316 SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Livro SINAPI: Cálculos e Parâmetros	H	0,2015000	20,10	4,05		
Insumo	00036156 SINAPI	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, "20 X 10" CM, E = 6 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA, COLORIDO	Material	m²	1,0041000	64,24	64,50		
Insumo	00000370 SINAPI	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	Material	m³	0,0568000	95,00	5,39		
Insumo	00004741 SINAPI	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	Material	m³	0,0098000	235,76	2,31		
				MO sem LS =>	6,42	LS =>	0,00	MO com LS =>	6,42
				Valor do BDI =>	0,00			Valor com BDI =>	81,46
				Quant. =>	1,00	Preço Total =>	81,46		
Total sem BDI								81,46	
Total do BDI								0,00	
Total Geral								81,46	

Fonte: SINAPI. Elaboração: DFINFRA / TCE-PI.

10.3. Pavimentação em Paralelepípedo – Custo Implantação.

			Obra	Bancos	B.D.I.					
			PAVIMENTAÇÃO EM PARALELEPÍPEDO	DFINFRA - TCE PI	0,0%					
Planilha Orçamentária Analítica										
1			PAVIMENTAÇÃO EM BLOCOS INTERTRAVADOS					70,55	77,08	
1.1	Código	Banco	Descrição	Tipo	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Total	Valor corr. IPCA	
Composição		DFINFRA	EXECUÇÃO EM PARALELEPIPEDOS COM COLCHÃO DE AREIA, REJUNTAMENTO COM ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA).	Pavimento Paralelepípedo	m²	1,00000	68,70	68,70	75,06	
Composição		C06	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE CALÇAMENTO C/COMPACTADOR TIPO SAPO		m²	1,00000	1,85	1,85	2,02	
				Valor do BDI =>	0,00		Valor com BDI =>	70,55	77,08	
						Quant. =>	1,00	Preço Total =>	70,55	77,08
						Total sem BDI		70,55	77,08	
						Total do BDI		0,00	0,00	
						Total Geral		70,55	77,08	

Fonte: Nota Técnica 01/24 – TCE-PI. Elaboração: DFINFRA/TCE-PI.

10.4. Apêndice B

Segue as planilhas e gráficos utilizadas para obtenção dos custos de manutenção e reabilitação:

Figura 35 – Custos de implantação do Pavimento Intertravado.

Life Cycle	Item	Unit	Unit Cost
Initial Construction AC Pavement	Mill 4.5" Asphalt Concrete	SY	\$4.80
	Pavement Demolition	SY	\$7.00
	BM-25.0 Asphalt Concrete Base	Ton	\$86.00
	VDOT 21B Aggregate Base	Ton	\$25.00
	UD-4 Underdrains	LF	\$12.00
Initial Construction ICP	Install Pavers and Bedding Sand	SF	\$4.00
Maintenance AC Pavement	Mill Surface Layer	SY	\$3.25
	Pre-Overlay Repairs - Primary	SY	\$42.00
	Pre-Overlay Repairs - Secondary	SY	\$28.00
	SM-9.5D Asphalt Concrete	Ton	\$85.00
	BM-25 Asphalt Concrete	Ton	\$86.00
Maintenance ICP	Replace Cracked Pavers	SF	\$8.00
	Top Up Jointing Sand	SF	\$2.00
	Replace Worn/Rutted Pavers	SF	\$10.00

Fonte: (Stantec Consulting Ltd. ,2023)

Figura 36 – Plano de Manutenção e Reabilitação do Pavimento intertravado.

Year	Activity	Quantity (%)
15	Replace Cracked Pavers	5
25	Replace Cracked Pavers	5
	Top Up Jointing Sand	5
35	Replace Worn/Rutted Pavers	10
	Replace Cracked Pavers	5
	Top Up Jointing Sand	5
45	Replace Worn/Rutted Pavers	10
	Replace Cracked Pavers	5
	Top Up Jointing Sand	5
50	Reconstruct, Zero Salvage Value	100

Fonte: (Stantec Consulting Ltd., 2023)

Figura 37 – Custos de Implantação dos pavimentos Asfáltico, intertravado e Concreto.

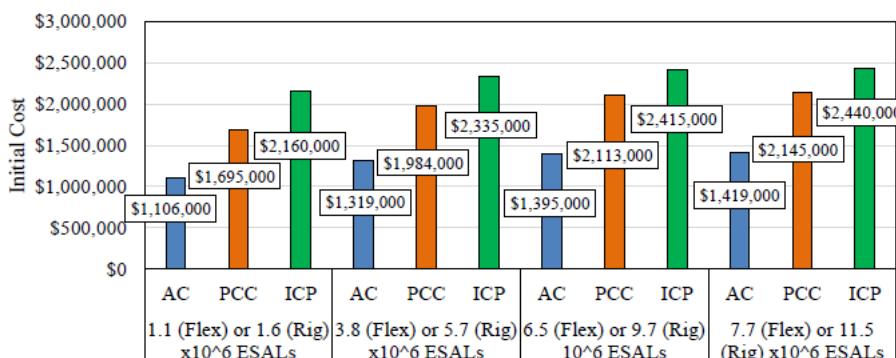
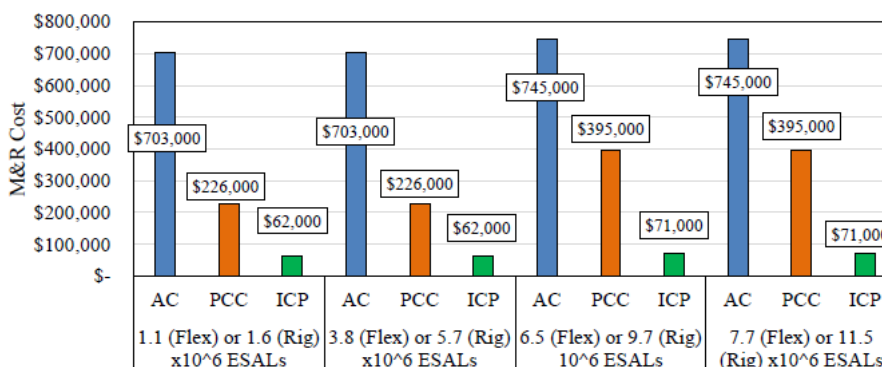


Figure 4.2: Construction Cost, CBR=3%

Fonte: (Stantec Consulting Ltd., 2023)

Figura 38 – Custos de manutenção e reabilitação dos pavimentos Asfáltico, intertravado e Concreto.



Fonte: (Stantec Consulting Ltd., 2023)

Todas as imagens desse Apêndice B foram retiradas da seguinte fonte: Interlocking Concrete Pavement Life Cycle Cost Analysis. ICPI Foundation, 2013. Prepared by: Stantec Consulting Ltd. Infrastructure Management & Pavement Engineering. Disponível em: <https://www.masonryandhardscapes.org/wp-content/uploads/2024/11/30-ICP-LCCA-Final-Report.pdf>.