



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII – MARIA DA PENHA  
CENTRO CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE - CCTS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MATHEUS SALES DE ARAÚJO NOBRE**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE OBJETIVA DE PAVIMENTO COM BASE  
PARALELEPIPÉDICA EM TRECHOS DE TRAVESSIAS URBANAS DA PB-105**

**ARARUNA - PB**

**2020**

**MATHEUS SALES DE ARAÚJO NOBRE**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE OBJETIVA DE PAVIMENTO COM BASE  
PARALELEPIPÉDICA EM TRECHOS DE TRAVESSIAS URBANAS DA PB-105**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Pavimentação.

**Orientador:** Prof. Esp. Lauandes Marques de Oliveira.

**ARARUNA - PB**

**2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

N754e Nobre, Matheus Sales de Araujo.  
Estudo de caso: análise objetiva de pavimento com base paralelepípedica em trechos de travessias urbanas da PB-105 [manuscrito] / Matheus Sales de Araujo Nobre. - 2020.  
69 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2020.  
"Orientação : Prof. Esp. Lauandes Marques de Oliveira, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."  
1. Sistema estrutural. 2. Defeitos de Pavimentos. 3. IGG. I.  
Título  
21. ed. CDD 624

**MATHEUS SALES DE ARAÚJO NOBRE**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE OBJETIVA DE PAVIMENTO COM BASE  
PARALELEPIPÉDICA EM TRECHOS DE TRAVESSIAS URBANAS DA PB-105**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Pavimentação.

Aprovada em: 11/12/2020.

**BANCA EXAMINADORA**



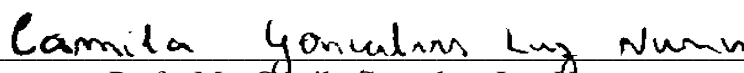
---

Prof. Esp. Lauandes Marques de Oliveira. (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Me. Alan Barbosa Cavalcanti  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Ma. Camila Gonçalves Luz Nunes  
Faculdades Integradas de Patos (FIP)

A minha amada mãe, por todo o esforço e suor, carinho e amizade, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, por toda a luz e seus toques divinos que fizeram dessa trajetória a melhor possível.

A minha mãe, Marinalda, pelo apoio nas minhas escolhas de curso e de estudar fora de casa, mostrando dedicação, cuidado e amor, além de ter me dado forças para não baixar a cabeça para nenhuma situação adversa da minha vida, além de me passar uma calma indescritível nos piores momentos.

Ao meu pai, Wellington, por sempre mostrar-se solidário a mim neste transcorrer, contribuindo para minha confiança pessoal, além da compreensão por minha ausência.

Aos meus padrinhos, Marlene e João Alves, pelo o carinho e apoio indescritível em toda minha caminhada acadêmica, jamais esquecendo de mim, tornando tudo mais possível.

A minha namorada Mirelly, pelo incrível apoio moral e psicológico, transmitindo-me confiança confortando-me em qualquer dificuldade, sempre com muito afeto. Grato pela importante contribuição no levantamento em campo, tornando este trabalho mais possível.

Ao meu GRANDE amigo, Lucas Macedo, pelas valiosas dicas e os momentos de consultoria a respeito deste trabalho, sempre com muita paciência e prestatividade, sendo peça chave para o bom andamento desta pesquisa.

Aos amigos de curso, especialmente a Luiz, Lucas, e Agnaldo pelos momentos de amizade, festas, apoio, risadas e todos os esforços virando madrugadas estudando, tornando essa caminhada muito mais fácil e memorável.

As amigas queridas, Luana, Glenda e Bruna, pela amizade leve e alegre que constituímos, a qual, apesar dos caminhos sinuosos, fizeram da minha vivência de faculdade muito mais divertida e memorável.

Aos coordenadores do curso de Engenharia Civil da UEPB, Daniel e Alan, por todo o seu empenho e prestatividade, sempre presentes perante os problemas dos discentes, mostrando humildade, humanidade e parceria.

A todo o corpo docente do curso de Engenharia Civil da UEPB, técnicos de laboratório e de serviços gerais, por comprometerem-se com o nosso efetivo conhecimento.

Ao orientador, Lauandes Marques, pelas leituras sugeridas e dicas ao longo dessa orientação e aos professores Camila Gonçalves Luz Nunes e Alan Barbosa Cavalcanti por terem aceitado o convite para compor a banca de defesa deste TCC.

“O passado serve para evidenciar as nossas falhas  
e dar-nos indicações para o progresso do futuro.”

(Henry Ford)

## RESUMO

O interesse em pavimentos que entreguem maiores benefícios a seus usuários vem crescendo a cada ano, fazendo com que várias vias de paralelepípedos sejam revestidas com CAUQ, aproveitando o greide de pedra como base. Porém o aumento da frota veicular, juntamente com a falta de uma eficiente gestão dos pavimentos acarretam em patologias e devem ser investigadas periodicamente. Diante disso, este trabalho objetiva a avaliação e o diagnóstico da condição patológica funcional de pavimentos asfálticos compostos por base em paralelepípedos de quatro trechos (A, B, C e D) de travessias urbanas da PB-105, localizadas nas cidades de Remígio e Arara, na Paraíba, sugerindo para cada trecho ações de Manutenção e Restauração (M&R). A metodologia consistiu de revisão bibliográfica descritiva e exploratória, acompanhada da utilização da Norma DNIT 006/2003-PRO para a avaliação e análise de dados. Diante do levantamento de dados, observou-se um alto grau de degradação em todos os trechos, com patologias avançadas em seu grau de severidade, tais como trincas do tipo FC-2 e FC-3, panelas, desgaste, dentre outros, tendo o trecho A um IGG de 201, classificado como péssimo, o trecho B com 136, classificado como ruim, o trecho C com 326, classificado como péssimo e o trecho D com 157, resultando em Ruim. As classificações foram condizentes com o visto *in loco* e, diante disso sugeriu-se para os trechos B e D operações de conservação e para os trechos A e C o recapeamento asfáltico, contribuindo, com isso, para uma eficiente infraestrutura viária.

**Palavras Chave:** Sistema estrutural. Defeitos de Pavimentos. IGG.



## ABSTRACT

The interest in pavements that deliver greater benefits to its users has been growing every year, causing several cobblestone paths to be covered with CAUQ, taking advantage of the stone greens as a base. However, the increase in the vehicle fleet, together with the lack of efficient pavement management, leads to pathologies and should be investigated periodically. Therefore, this work aims to evaluate and diagnose the functional pathological condition of asphalt pavements based on cobblestones of four stretches (A, B, C and D) of PB-105 urban crossings, located in the cities of Remígio and Arara, in Paraíba, suggesting Maintenance and Restoration (M&R) actions for each stretch. The methodology consisted of a descriptive and exploratory bibliographic review, accompanied by the use of Standard DNIT 006/2003-PRO for the evaluation and analysis of data. In view of the data collection, a high degree of degradation was observed in all stretches, with advanced pathologies in their degree of severity, such as FC-2 and FC-3 cracks, pans, wear, among others, having the stretch A with a IGG of 201, classified as poor, stretch B with 136, classified as bad, stretch C with 326, classified as poor and stretch D with 157, resulting in Bad. The classifications were consistent with the on-site visa and, therefore, it was suggested for stretches B and D conservation operations and for stretches A and C asphalt resurfacing, thus contributing to an efficient road infrastructure.

**Keywords:** Structural System. Pavement Defects. IGG.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Corte esquemático das camadas constituintes de um pavimento flexível....	17
Figura 2	- Comportamento das tensões verticais em estruturas flexíveis (a) e rígidos (b).....	19
Figura 3	- Rochas cúbicas utilizada em pavimentos de paralelepípedo.....	20
Figura 4	- Exemplo do método de avaliação objetiva dos pavimentos.....	32
Figura 5	- Treliça metálica para medição de afundamentos em trilhas de roda.....	33
Figura 6	- Etapas de execução de um pavimento asfáltico sobre paralelepípedos.....	38
Figura 7	- Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.....	41
Figura 8	- Mapa de localização dos trechos A, B e C, em Remígio/PB.....	44
Figura 9	- Mapa de localização do trecho D, em Arara/PB.....	45
Gráfico 1	- Predominância patológica do trecho A.....	47
Figura 10	- a) Desgaste e panelas; b) Trinca em bloco com e sem erosão; c) Panela....	47
Gráfico 2	- Predominância patológica do trecho B.....	51
Figura 11	- a) Panela; b) remendo; c) Trinca couro de jacaré; d) Trinca longitudinal....	51
Gráfico 3	- Predominância patológica do trecho C.....	54
Figura 12	- a) Desgaste e Ondulação; b) Panela; c) Trinca em bloco.....	55
Gráfico 4	- Predominância patológica do trecho D.....	58
Figura 13	- a) Desgaste e panelas; b) Trinca em bloco; c) Remendo; d) Panela e Trinca longitudinal.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Granulometria utilizada no material do colchão de areia de calçamentos.....	22
Tabela 2 –	Resumo das vantagens e desvantagens entre pavimentos.....	26
Tabela 3 –	Patologias e suas causas prováveis de surgimento.....	30
Tabela 4 –	Fator de ponderação para cálculo de serventia pelo IGG e suas codificações, segundo a Norma DNIT 005/2002-TER.....	34
Tabela 5 –	Conceituação da serventia de pavimentos a partir do IGG calculado.....	35
Tabela 6 –	Resumo das características geométricas dos trechos.....	45
Tabela 7 –	Frequências patológicas para cada tipologia de defeitos no trecho A.....	46
Tabela 8 –	Frequências absolutas inventariadas no trecho A.....	48
Tabela 9 –	Frequências relativas e IGI do trecho A.....	48
Tabela 10 –	Soluções de M&R para o trecho A.....	49
Tabela 11 –	Frequências patológicas para cada tipologia de defeitos no trecho B.....	50
Tabela 12 –	Frequências absolutas inventariadas no trecho B.....	52
Tabela 13 –	Frequências relativas e IGI do trecho B.....	52
Tabela 14 –	Soluções de M&R para o trecho B.....	53
Tabela 15 –	Frequências patológicas para cada tipologia de defeitos no trecho C.....	53
Tabela 16 –	Frequências absolutas inventariadas no trecho C.....	55
Tabela 17 –	Frequências relativas e IGI do trecho C.....	56
Tabela 18 –	Soluções de M&R para o trecho C.....	57
Tabela 19 –	Frequências patológicas para cada tipologia de defeitos no trecho D.....	57
Tabela 20 –	Frequências absolutas inventariadas no trecho D.....	59
Tabela 21 –	Frequências relativas e IGI do trecho D.....	59
Tabela 22 –	Soluções de M&R para o trecho D.....	60
Tabela 23 –	Resumo do IGG e classificação de cada trecho.....	60

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	JUSTIFICATIVA.....	14
3	OBJETIVOS.....	15
3.1	Objetivo Geral.....	15
3.2	Objetivo Específico.....	15
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	16
4.1	O Pavimento e a Importância das Camadas do Seu Sistema Estrutural.. .....	16
4.2	O Revestimento de Paralelepípedo e Sua Estruturação .....	19
4.3	O Revestimento Asfáltico e Sua Estruturação.....	21
4.4	Comparativo Entre o Pavimento de Paralelepípedo e Asfáltico.....	23
4.5	Infraestrutura Viária nos Centros Urbanos .....	25
4.5.1	<i>Manifestações Patológicas em Pavimentos Asfálticos.....</i>	26
4.5.2	<i>Avaliação Funcional Objetiva: Procedimento DNIT-PRO 006/2003.....</i>	31
4.5.3	<i>Manutenção e Reparo de Pavimentos .....</i>	35
4.5.4	<i>Obras de Restauração: O Recapeamento no Desenvolvimento Urbano.....</i> .....	36
4.5.4.1	<i>Intervenção Executiva .....</i>	36
4.5.4.2	<i>Importância do Recapeamento e Ganhos Para a Infraestrutura Viária .....</i>	38
5	METODOLOGIA .....	40
5.1	Área de Estudo .....	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
6.1	Trecho A.....	44
6.2	Trecho B.....	48
6.3	Trecho C.....	51
6.4	Trecho D.....	55
6.5	Análise Geral Complementar.....	58
7	CONCLUSÃO .....	60
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	61
	ANEXO A – INVENTÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO .....	65
	ANEXO B - PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG (NORMATIVO).....	66
	ANEXO C – INVENTÁRIOS DE AVALIAÇÃO DE SUPERFÍCIE PREENCHIDOS.....	69

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de infraestrutura rodoviária detém um grau de importância elevado no dinamismo do progresso de uma cidade, visto a sua capacidade de estabelecer a mobilidade local. Além disso, em se tratando de vias urbanas, estas devem garantir conforto e segurança ao usuário, as quais dependem bastante dos materiais de revestimento que são empregados. Nas ruas de trânsito leve é comum, no Brasil, o uso dos calçamentos com paralelepípedos, devido a seu baixo custo e rápida execução.

O revestimento de vias com pedras teve origem a cerca de 2000 anos a.C, com os Romanos, que utilizavam a técnica do intertravamento de pedras talhadas a mão nas ruas urbanizadas de seu império. Posteriormente, o surgimento das necessidades mercantis de transporte contribuiu para o aprimoramento da tecnologia, trazendo consigo o entendimento da necessidade de estruturar as pedras em uma base arenosa, hoje apelidada como “colchão de areia”. No Brasil, esta técnica surgiu por volta do século XVII, com a necessidade dos portugueses de transportar as riquezas locais, tendo sua significativa ascensão na década de 1970, sendo hoje ainda muito utilizadas em cidades interioranas. (CRUZ, 2003)

Assim como a modernização desta técnica foi sendo necessária, observa-se hoje uma crescente busca por pavimentos asfálticos, que nada mais são que revestimentos compostos por uma mistura de agregados e um ligante a base de petróleo. Estes ainda não são maioria no Brasil, responsáveis por 12,4% da malha rodoviária, segundo a CNT (Confederação Nacional dos Transportes), devido a seu alto valor agregado. Suas vantagens são notórias em relação ao pavimento intertravado, destacando-se pela uniformidade do greide, gerando menor trepidação, maiores velocidades em segurança e maior capacidade de carga.

Na Paraíba, com o desenvolvimento dos centros urbanos municipais, diversas ruas de paralelepípedos vêm sendo beneficiadas pela camada asfáltica. De forma a economizar nestas execuções, a estrutura padrão de um pavimento asfáltico flexível, de base, sub-base e reforços, por vezes são ignoradas, sendo a mistura asfáltica realizada logo acima do calçamento existente, unidas por uma camada de ligação, por reaproveitamento.

No entanto, embora econômica, esta prática necessita de uma avaliação cuidadosa das boas condições atuais da base abaixo da camada de paralelepípedos, pois, caso contrário, eventuais defeitos oriundos do calçamento podem vir a refletir no revestimento betuminoso. Esta avaliação de integridade funcional é importante na prevenção de patologias futuras, possibilitando as melhores soluções de Manutenção e Restauração (M&R) e, com isso, o prolongamento da vida útil da mesma.

Dessa forma, a elaboração deste trabalho teve como objetivo averiguar as condições da camada de rolamento de quatro trechos de pavimentos de travessias urbanas das cidades de Remígio e Arara, na Paraíba, através da avaliação objetiva. A avaliação objetiva foi preconizada pela Norma do DNIT - 006/2003-PRO onde será feito o cálculo de frequência patológica seguido do Índice de Gravidade Global – IGG, com as quais foram propostas soluções mitigadoras de M&R a fim de se proporcionar maior conforto, segurança e comodidade ao usuário.

## 2 JUSTIFICATIVA

Diversas cidades de pequeno porte da Paraíba compartilham de uma estrutura viária baseadas no revestimento de pedras, característica esta, atrelada as facilidades trazidas no desenvolvimento físico destes municípios. Seu uso mostra-se condizente com a economia sócio-política vigente nestas regiões, visto que a escassez do fator capital se atrela a alta disponibilidade do fator trabalho, em contrapartida.

Porém, o beneficiamento de vias com pavimento em paralelos por revestimento asfáltico é cada vez mais comum, tornando a antiga camada de rolamento rochosa em uma camada de base. Em um período cada vez mais curto de tempo, esta estruturação se desgasta, evidenciando as similaridades patológicas trazida pelo comportamento das rochas.

Quatro fragmentos da PB-105 que cortam as cidades de Remígio e Arara, ambas caracterizadas como travessia urbana, enfrentam tráfegos visualmente moderados, podendo ser incompatível com o que é sugerido pela literatura para este tipo de pavimento, acarretando em patologias ao mesmo. Isso porque, além do fato destas ruas serem consideradas arteriais, estas são também a porta de entrada de caminhões e ônibus que suprem a demanda logística da região, gerando esforços preocupantes ao pavimento.

Diante disso, é de suma importância que estas estejam em boas condições para levar conforto e segurança aos usuários. Tendo em vista sua relevância, desta forma, se faz necessário uma avaliação funcional deste pavimento com o objetivo de classificar suas condições atuais, contribuindo para o entendimento do padrão patológico dos pavimentos asfálticos sobre base de paralelepípedos por reaproveitamento.

Portanto, este trabalho pretendeu compreender a situação atual dos quatro trechos através de diagnósticos in loco, realizando um estudo do perfil patológico e condição de serventia por meio da avaliação objetiva do DNIT. Com o cálculo do IGG, foi possível classificar quanto a suas serventias atuais e elencar a predominância dos defeitos, propondo soluções de melhorias através de ações mitigadoras de M&R.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar e diagnosticar a condição patológica funcional em pavimentos asfálticos compostos por base em paralelepípedos, de travessias urbanas e de tráfego médio, nos municípios de Remígio e Arara, na Paraíba, propondo soluções interventoras de M&R.

#### **3.2 Objetivo Específico**

- Inventariar os defeitos existentes nos trechos avaliados;
- Avaliar, com base no IGG, o pavimento de cada trecho;
- Traçar os perfis patológicos com base na avaliação feita;
- Propor soluções de M&R nos trechos avaliados.



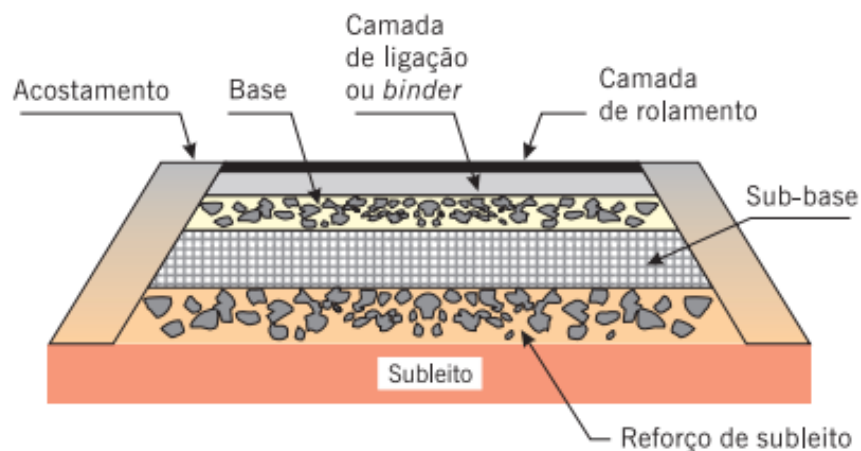
## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 O Pavimento e a Importância das Camadas do Seu Sistema Estrutural

Definida na literatura de forma ampla, pavimento é para o DNIT (2017, p. 3) “uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima [...]”. Entorno dos estudos sobre o assunto, é possível observar uma diversidade de combinações destas camadas aos mais diferentes tipos de material, seja mineral ou polimérico, por exemplo. É notório a forte relação entre as características inerentes a cada composição estrutural utilizada, ou seja, os materiais e os comportamentos que se é observado na prática.

As camadas componentes deste sistema denominam-se, segundo o DNIT (2017), de revestimento, base, sub-base e reforço e/ou regularização do subleito, cada qual com suas funções estrutural e funcional capazes de proporcionar boas condições de rolamento. Para isso, Vasconcelos e Nobrega (2018) evidencia a necessidade um eficiente sistema estrutural, eficiência esta, fortemente dependente da execução das camadas que o constituem, referente aos aspectos de espessura, rigidez, subleito, interação entre essas camadas do pavimento. Segundo a literatura, as camadas constituintes, em geral, numa obra de pavimentação são definidas a seguir e esquematizadas na Figura 1.

**Figura 1** - Corte esquemático das camadas constituintes de um pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.*, 2008.

- Revestimento

Trata-se da camada receptora da ação de trânsito dos veículos e destinada a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços que nela atuam, preferivelmente impermeável, tornando mais durável a superfície de rolamento. Garante proteção as camadas abaixo contra a deterioração e deve ser adequada as condições climáticas a qual será submetida, com boa resistência a variações térmicas. (DNIT, 2017).

- Base

Camada inorgânica granular destinada a resistir aos esforços verticais provocados pelo fluxo de veículos, distribuindo-os atenuado a camada inferior (subleito ou sub-base), e sobre a qual se constrói o revestimento (DNIT, 2017). Segundo Andrade (2017), os cuidados com a escolha do material utilizado nesta camada são importantes para “minimizar as deformações de consolidação e os esforços cisalhantes nas camadas subjacentes”. Além de prezar por materiais minerais mais nobres, o suporte deste deve atuar em sintonia com o do revestimento, controlando comportamentos elásticos extremos que causam patologias a superfície de rolagem.

- Sub-base

Camada complementar à base, subjacente e com as mesmas funções desta. Geralmente, esta é executada quando se mostra conveniente, mediante avaliação econômica, a redução da espessura de base. Isso porque o uso de certo material nas camadas depende da disponibilidade local da mesma, podendo vir a se tornar custoso grandes volumes de material escasso na região. O uso da sub-base torna-se uma alternativa nestes cenários, transmitindo as cargas para a fundação (DNIT, 2017).

- Reforço

Camada do pavimento executada com o objetivo de reduzir espessura da sub-base, por motivos técnicos ou econômicos (DNIT, 2017). Segundo Andrade (2017, p. 24), “o reforço do subleito, por sua vez, resistirá a solicitações de maior ordem de grandeza, respondendo parcialmente pelas funções do subleito e exigindo menores espessuras de base e sub-base sobre si [...]”, trazendo vantagens de custo ao reduzir materiais mais caros de tais camadas.

- Regularização do sub-leito

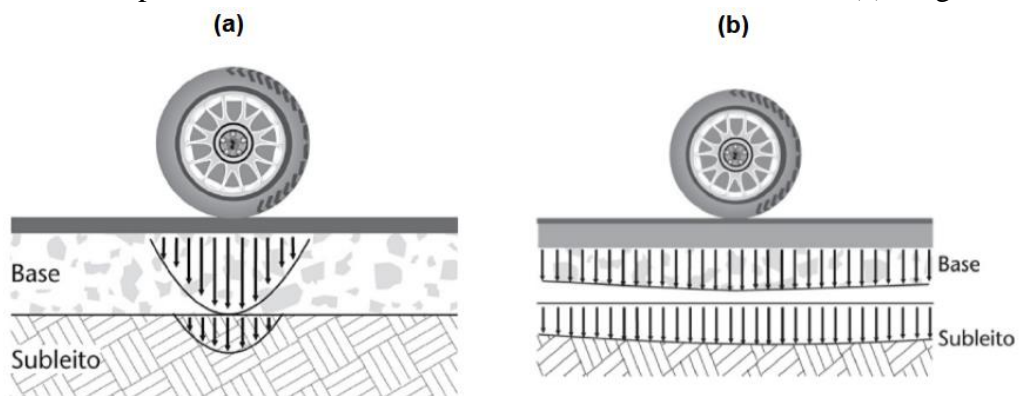
Etapa da pavimentação que consiste em dar forma à superfície do leito natural, segundo um perfil determinado e com material apropriado, abrangendo cortes ou aterros de até 20 cm de espessura (DNIT, 2017).

A partir destas caracterizações, o uso de cada camada citada é racionalizado em projeto, de acordo com as condições impostas, a fim de se atingir uma estrutura eficiente e duradoura. Em geral, a literatura norteia estes sistemas estruturais classificando-os em “pavimento flexível” e “pavimento rígido”, atribuídas a partir da análise comportamental das camadas constituintes do pavimento, assim como sua atuação como sistema, especialmente na diferença existente na forma de transmissão de tensões para o subleito (DIAS, 2004). Entre estas duas, também se utiliza a classificação “semi-rígida”, devido as suas características se enquadrarem entre as flexíveis e rígidas. (VASCOCELOS; NOBREGA, 2018).

Estas terminologias estão relacionadas ao comportamento da estrutura como um todo, ou seja, está atrelada a maneira como as camadas irão interagir entre si ao ser solicitada pelo tráfego, além da presença ou ausência de alguma delas. Basicamente, para um conjunto de camadas ser considerado flexível, além de apresentar deformações elásticas expressivas em todo o sistema, é necessária também uma ação conjunta e relativamente igualitária de transmissão de tensões (DNIT, 2006), como é visto na Figura 2(a).

A respeito da estrutura rígida, a camada mais solicitada é a de rolamento, pois esta detém uma elevada rigidez em relação as camadas inferiores, dissipando praticamente todas as tensões provenientes do tráfego (DNIT, 2006). Tal rigidez, é proporcionada geralmente por placas de cimento Portland, a qual tem o papel de desempenhar as funções da camada base e de rolamento, simultaneamente no sistema. Segundo Balbo (2007), toda a região da placa de cimento reage absorvendo as cargas aplicadas, de maneira a propagar o esforço de um eixo veicular de forma próxima a um estado plani-uniforme de tensões, como ilustrado na Figura 2(b). Este comportamento proporciona uma transmissão de forças bastante atenuada a camada de fundação.

**Figura 2** - Comportamento das tensões verticais de estruturas flexíveis (a) e rígidas (b)



Fonte: Balbo (2007).

Já na estrutura semi-rígida, a CEPISA (2010) evidencia que a maior diferença deste tipo de pavimento para com os do tipo flexível, é sua maior rigidez nas camadas inferiores ao rolamento, em especial na camada de base, como ocorre em pavimentos asfálticos com base composta por paralelepípedos.

Esta propriedade de rigidez que se verifica para esta modalidade de pavimento se dá por uma combinação de “revestimento asfáltico com base ou sub-base em material tratado com cimento de elevada rigidez, excluídos quaisquer tipos de concreto” (BALBO, 2007, p. 61). O pavimento asfáltico de base em paralelepípedos por é configurado como semi-rígido, já que a camada de base é rejuntada com cimento Portland ou cimento asfáltico, geralmente.

#### 4.2 O Revestimento de Paralelepípedo e Sua Estruturação

Os pavimentos constituídos de pedras, conhecido também como calçamento, protagonizou ao longo da história papel importante no desenvolvimento de grandes nações, podendo ser localizada desde meados de 800 a.C., na região dos povos Etruscos, transpondo o império romano até os dias atuais (WIEBBELLING, 2015). Submetida a avanços tecnológicos com o tempo, o calçamento pode ser dividido entre alvenaria poliédrica e paralelepípedos, sendo o primeiro revestido com pedras de geometria irregular (SENÇO, 2008) e o segundo com formato aproximado de um cubo ou paralelepípedo, este último ilustrado na Figura 03. Com o forte desuso, hoje esta técnica se limita a áreas urbanas menos movimentadas (SENÇO, 2008).

**Figura 03** – Rochas cúbicas utilizada em pavimentos de paralelepípedo



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Esta camada de rolamento constituída por blocos de rocha é majoritariamente utilizada em cidades interioranas, mas encontrado também em bairros de algumas metrópoles brasileiras e em paradas (baias) de ônibus (CRUZ, 2003). Também é utilizado em pátios de estacionamentos e alguns acessos viários (DNIT, 2006), além de postos de combustível, já que possui propriedades não reativas ao derramamento de combustíveis. Esta técnica, mesmo antiga, não dispõe de normatização pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mas era citada e definida pela NBR 7207/82, cancelada no ano de 2014, sem substituição, sendo apenas melhor descrita em especificações de serviços do Departamento de Estradas e Rodagens da Paraíba (DER/PB).

Estruturalmente, o calçamento é classificado como um pavimento flexível (DNIT, 2006), por sua deformação agir bloco a bloco, assemelhando-se a distribuição de tensões de um pavimento asfáltico. Segundo o ES-DER/PB-P-09/97 (1997, p. 01), “A estrutura de um pavimento com paralelepípedos funciona geralmente como revestimento ou como base (no caso de receber uma camada sobrejacente, geralmente asfáltica)”.

O pavimento de paralelepípedos, de acordo com Pellenz (1983), é constituído, em sua camada de rolamento, de peças rochosas cortadas em formas regulares, de cúbicas a tronco de uma pirâmide, com faces planas e sem expressivos sulcos e saliências. As rochas devem ser homogêneas, não alteradas, sem fendilhamento, além de apresentar condições de dureza e tenacidade satisfatórias e um desgaste Abrasão Los Angeles inferior a 40%, tendo dimensões aproximadas de 14 a 17 cm de largura, 17 a 23 cm de comprimento e 11 a 14 cm de altura. (DER/PB, 1997). Tais peças são geralmente de material granítico, gnaisse ou basalto (DNIT, 2006).

Esta modalidade de pavimentação “prescinde de execução de base estabilizada, podendo ser executado sobre o terreno natural, caracterizado a partir de 30% de CBR, ou sobre colchão de areia de solo pulverulento incoeso (SPI), material de fácil obtenção existente em tabuleiros, cerrados ou jazidas.” (ARY JUNIOR, 2007, p. 27). Quando ocorre colchão de areia, o DER/PB (1997) prioriza o uso de areia proveniente de rio ou de campo, desde que esta apresente partículas limpas, duras e duráveis, tenha um índice de plasticidade nulo e sua granulometria seja composta como a Tabela 1, a seguir.

**Tabela 1** - Granulometria utilizada no material do colchão de areia de calçamentos

<b>Peneiras</b>		<b>Percentagem passante, em peso (%)</b>
<b>ASTM</b>	<b>mm</b>	
<b>Nº 4</b>	4,80	100
<b>Nº 80</b>	0,16	20 a 30
<b>Nº 200</b>	0,074	4 a 15

**Fonte:** DER/PB (1997).

Ainda de acordo com a ES-DER/PB-P-09/97 (1997), o preparo do colchão de areia demanda um espalhamento regular do material na área entre os meios fios, numa espessura de 7 cm a 10 cm. Nela ocorre o cravamento dos paralelos, organizadas preferencialmente em formato espinha de peixe, segundo a literatura, este arranjo apresenta um melhor desempenho estrutural por conceder maiores níveis de intertravamento.

Realizada após o assentamento dos blocos, é despejado areia sobre o tablado suficiente para as juntas entre os blocos e formando uma camada de 2 cm acima das pedras, espalhadas com vassouras e previamente batidas com soquete. Neste cenário, a compactação é feita utilizando-se um rolo de cilindro metálico auto propulsor, de 10 a 12 toneladas, que passará, no mínimo, 3 vezes.

Assim como especificado no Manual de Pavimentação do DNIT (2006, p. 100), “as juntas entre os paralelepípedos podem ser tomadas com o próprio material do colchão de regularização, pedrisco, materiais ou misturas betuminosas ou com argamassa de cimento Portland.” Apesar da contribuição que estas juntas tem na drenagem do greide, o assentamento dos blocos forma uma geometria semelhante aos dos outros tipos de pavimentos, com abaulamento para o escoamento pluvial.

### **4.3 O Revestimento Asfáltico e Sua Estruturação**

Pavimentos a base de petróleo, devido seu uso crescente nos centros urbanos, são fortemente difundidos e estudados, tendo hoje no mercado uma vasta gama de variações. Além de atrair interesses por entregar conforto aos proprietários de automóveis, a ascensão da demanda deste revestimento nas últimas décadas é resultado não só de obras de novas pavimentações, mas também a serviços de recapeamento, as quais procedem de forma semelhantes às obras de pavimentação propriamente dita (ARAÚJO, 2016).

Basicamente, tratar de revestimento asfáltico denota falar de um compósito constituído da associação de agregados e ligante derivado do refino do petróleo. Este ligante, quando apresenta propriedades físicas condizentes com as apresentadas na normativa da resolução da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) nº19, de 2005, é nomeado de cimento asfáltico de petróleo (CAP) (CNT, 2017). Segundo essa normativa, no Brasil o CAP é classificado em CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 e CAP 150/200, referente a sua penetração.

Além de permitir uma união resistente dos agregados da mistura, este aglutinante “possui função impermeabilizante, impedindo a infiltração de água nas camadas inferiores do pavimento, evitando possíveis danos à estrutura.” (SILVA, 2017, p. 46). Por ser um material termoviscoelástico, o uso do CAP demanda um controle acurado de sua temperatura, tanto de manuseio quanto de onde será utilizado o produto final, a fim de prevenir o surgimento de defeitos no pavimento.

De forma geral, os revestimentos asfálticos, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), variam entre si por suas características de associação dos materiais supracitados, os quais podem acontecer por penetração, esta direta ou invertida, ou por mistura em usina fixa ou móvel, de execução quente ou fria.

Segundo Silva (2017), as misturas a quente também são diferenciadas pelo padrão de granulometria empregada, podendo esta ser de graduação densa, em que sua curva granulométrica é contínua, aberta, com grãos de mesmo tamanho, e descontínua, no qual os grãos de maiores dimensões dominam a mistura (USACE, 2000). Todas estas variações resultam em revestimentos com destinos de uso que contemplam desde obras de remendos a pavimentos de alta intensidade de tráfego.

Das resultantes destas misturas, tem-se o concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ), um dos revestimentos mais utilizados do Brasil na atualidade (SILVA, 2017). Danieleski (2004) explica que, em certas regiões do país, um dos motivos para esse forte uso foi devido a utilização deste em obras de reabilitação de calçamentos, motivando com isso o aumento da malha viária com revestimento asfáltico.

Também conhecido como concreto asfáltico (CA), este material é composto de agregados de dimensões bem graduadas, filer, caso necessite, e cimento asfáltico, sendo a mistura, espalhamento e compactação realizadas a quente (DNIT, 2006). Vale salientar que a precisa caracterização de tais materiais empregados é de suma importância para seu desempenho durante sua vida útil, assim como de complexa determinação em função dos

fatores como clima, tráfego e o estado de tensões aos quais este pavimento estará inserido (SILVA, 2017).

Outro revestimento asfáltico bem difundido no país é chamado de Pré Misturado a Quente (PMQ). Compartilhando das mesmas características básicas do CAUQ, a principal diferença entre eles está, segundo Senço (2008), na composição granulométrica de seus agregados, visto que, além de não utilizar filler na sua composição, o PMQ possui uma porcentagem de vazios superior a 12%. Muito utilizada como camada de regularização em pavimentos ou na correção de desnivelamentos, o PMQ tem um menor uso de ligante, trazendo vantagens econômicas a massa asfáltica (BERNUCCI *et al.*, 2010).

#### **4.4 Comparativo Entre o Pavimento de Paralelepípedo e Asfáltico**

Importante elemento de infraestrutura urbana, os pavimentos em destaque nas ruas brasileiras são os asfálticos e de paralelepípedos, devido aos benefícios técnico-econômicos que ambos entregam. Comparado ao asfalto, o calçamento destaca-se pelo baixo custo de implantação. De acordo com os estudos de Megier *et al.* (2018), o metro quadrado de revestimento de CAUQ chega a custar 40% mais caro que o constituídos por paralelos. Esta discrepância é explicada pelo alto valor agregado de materiais como o CAP no asfalto e o grau de nobreza desta e das demais camadas.

Arelado a isto, o calçamento apresenta vantagens pela reduzida necessidade de mão de obra e mecanização especializadas, comparado a complexidade inerente ao pavimento asfáltico. Executar um pavimento constituído de CAUQ demanda um alto planejamento em logística, envolvendo a usina de asfaltos, distância e condições de transporte do material de revestimento. Além disso, é necessário dispor de várias máquinas específicas, como motoniveladoras e rolos compactadores, por exemplo. Já na execução de um pavimento de paralelepípedo observa-se a não necessidade de maquinários específicos, limitando-se a caminhões para o transporte das pedras. Os insumos utilizados são fornecidos nas proximidades da obra (BERRES, 2018), podendo a compactação do sistema ser realizada com uso de soquetes manuais.

Estruturalmente, o sistema de intertravamento de blocos de pedras demanda uma menor quantidade de camadas em relação a estrutura asfáltica. Enquanto o revestimento rochoso é disposto geralmente em apenas uma camada arenosa sob o leito natural, o pavimento asfáltico demanda várias camadas estruturantes. Além disso, há no asfalto uma



preocupação recorrente com a temperatura de trabalho do CAUQ, que deve respeitar uma faixa de calor específica, dificultando sua obtenção e transporte.

Apesar destes cuidados no pavimento asfáltico causarem certa interferência executiva e financeira, o asfalto, em contrapartida, pode oferecer um maior conforto aos usuários, já que geram menores trepidações e são mais silenciosos quando submetidos ao tráfego de veículos, em comparação ao pavimento de paralelepípedos (SENÇO, 2008). Isso possibilita um maior fluxo devido a melhores condições de velocidade em segurança.

Comparado ao pavimento asfáltico, entretanto, o calçamento se mostra um grande aliado da infraestrutura e crescimento urbano. Além de melhorar a trafegabilidade de ruas em leito natural, este revestimento contribui na drenagem urbana de modo que, de forma natural, possibilita uma certa infiltração das águas pluviais por suas juntas e pela base arenosa, ajudando a evitar alagamentos em locais precários deste sistema (BERRES, 2018). Já o revestimento de CAUQ, por contar com propriedades impermeabilizantes, estas infiltrações são dificultadas, aferindo uma proteção a estrutura como um todo (SILVA, 2017).

Outra vantagem executiva trazida pelo uso do pavimento de paralelepípedos é salientada quando se leva em conta a presença dos sistemas subterrâneos. Locados abaixo das vias urbanas, redes tubulares de saneamento básico, gás ou telefonia possivelmente irão demandar eventuais obras de manutenção ou ampliação, exigindo para isto, ações destrutivas ao pavimento (DANIELESKI, 2004). Este é um fator importante no processo de escolha do revestimento de ruas urbanas e também o motivo pelo qual o calçamento geralmente se mostra viável em regiões ainda em desenvolvimento, tendo em vista a sua facilidade de remoção e reuso pleno após o término da intervenção (BERRES, 2018).

Apesar do revestimento asfáltico condicionar velocidades de tráfego mais altas, o uso do pavimento de pedras traz vantagens em regiões onde deve-se vencer declividades acentuadas, pois os paralelepípedos contribuem com uma aderência mais segura aos pneus, principalmente em dias de chuva, na estabilidade de aterros recém executados e subleitos com tendência a recalques relevantes (DNIT, 2006).

Diferentemente do pavimento a base de CAUQ, o calçamento, por ser composto de um material inerte, detém uma resistência natural ao derramamento de solventes provenientes dos automóveis, como diesel e a gasolina, por exemplo, além de absorver menores quantidades de calor em dias quentes, reduzindo as ilhas de calor (BERRES, 2018). A Tabela 02, a seguir, mostra um resumo dos principais pontos de cada modalidade apresentada.

**Tabela 2** - Resumo das vantagens e desvantagens entre pavimentos

<b>Aspectos</b>	<b>Pavimento de paralelepípedos</b>	<b>Pavimento asfáltico</b>
<b>Implantação</b>	Simplificada, não necessitando de mão de obra nem equipamentos especializados; Econômica;	Mecanizada, necessitando de máquinas pesadas; Altos custos totais e planejamento;
<b>Conforto</b>	Alívio térmico ao ambiente, absorvendo menores quantidades de calor;	Gera menores ruídos e trepidações ao rolamento;
<b>Infraestrutura urbana</b>	Possibilita obras de infraestruturas subterrâneas com fácil remoção e reuso do revestimento; contribui com a drenagem urbana natural;	Impermeabiliza os centros urbanos; possibilita uma maior vazão de veículos por aquele trecho, graças a maior velocidade de tráfego;
<b>Estrutura</b>	Estrutura simples, composta apenas de até duas camadas (sub-base e “colchão de areia”); material de fácil obtenção;	Demanda de até cinco camadas estruturantes; evita danos estruturais por infiltração;
<b>Insumos</b>	Matéria prima de fácil obtenção em proximidades; resistente a solventes;	Complexa logística de fornecimento de matéria prima; demanda atenção com a temperatura do CAUQ;
<b>Segurança</b>	Ganho em aderência ao rolamento em declividades acentuadas; contribui na estabilização em locais de aterro e subleitos instáveis;	Condiciona maiores velocidades de forma segura;

Fonte: Próprio Autor, 2020.

#### 4.5 Infraestrutura Viária nos Centros Urbanos

É de largo conhecimento na ciência urbanística o teor de importância das vias públicas como elemento estruturador das cidades (RODRIGUES, 2011), visto que “a malha viária pavimentada é parte do patrimônio de uma nação e está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico de países emergentes.” (SALVIATO; JÚNIOR; FONTENELE, 2019, p. 01). De fato, o sistema viário é o principal responsável por proporcionar locomoção às cidades, o mais facilitado possível, além de dar forma e nortear o crescimento urbano de forma ordenada e planejada.

#### 4.5.1 *Manifestações Patológicas em Pavimentos Asfálticos*

Durante a vida útil dos pavimentos asfálticos, por motivos adversos, é comum surgirem defeitos que debilitam o desempenho funcional de uma via. Compreendido como sendo a capacidade do pavimento de fornecer uma superfície agradável em termos de qualidade de rolamento, este desempenho é mensurado pela análise da Serventia do Pavimento e mostra-se necessária nas tomadas de decisão pelos órgãos competentes quanto as atividades de restauração e manutenção. (DNIT, 2006).

Em razão da etiologia multifatorial do problema, compreender as causas por trás de cada defeito e suas interações torna-se um conhecimento precioso, visto que uma das principais etapas no processo de diagnóstico compreende a identificação do problema ali ocorrido e a provável causa e extensão em profundidade da deterioração daquele pavimento (DNIT, 2006). De posse destes dados, é possível, por meio de avaliações subjetivas e objetivas, delimitar a condição de serventia daquela estrutura.

Segundo Sales, Magalhães e Nobre (2019, p. 03), “No Brasil, utiliza-se o Índice de Gravidade Global (IGG) como meio de avaliação objetiva de pavimentos flexíveis e semirrígidos, cujo procedimento é especificado pelo DNIT (2003)”. Já na avaliação subjetiva, dispõe-se do Valor de Serventia Atual (VSA), que analisa a condição do pavimento do ponto de vista do avaliador, visando o conforto do rolamento sentido pelo usuário (SALVIATO; JÚNIOR; FONTENELE, 2019), e seu procedimento é descrito na Norma DNIT 009/2003-PRO.

Revelados na superfície de rolamento do pavimento e podendo atingir também as camadas de base e sub-base, as principais manifestações patológicas presentes nos pavimentos asfálticos, ainda segundo o DNIT (2003), são fissuras, trincas, panelas, exsudação, ondulação, escorregamentos, afundamentos, desgaste e remendos. Tais defeitos estão descritos a seguir, acompanhados da tabela de resumo e com sua respectiva codificação.

- Fissura (FI) – Tipo de fenda que, de acordo com o 005/2003–TER, do DNIT (2003), apresenta largura capilar, somente percebida em até 1,5 metro de distância a vista desarmada, podendo surgir em posição longitudinal, transversal ou oblíqua em relação ao eixo da via e, neste estágio, não capaz de trazer problemas funcionais ao revestimento.




- Trinca – Tipo de fenda, segundo o 005/2003–TER (DNIT, 2003), facilmente perceptível a vista desarmada em distâncias maiores que a das fissuras e pode ser subdividida em trinca isolada e interligada. Esta subdivisão é igualmente descrita segundo a mesma fonte do DNIT (2003), a seguir.
  - Trinca Isolada – Refere-se a uma descontinuidade isolada e pode ser dividida em trinca transversal curta (TTC) e longa (TTL), na qual apresenta-se de forma ortogonal ao eixo da via, longitudinal, quando apresenta-se ao longo (TLC e TLL, respectivamente) do eixo da via e ainda a trinca de retração (TRR), a qual é acometida pela retração térmica do revestimento ou da base rígida ou semi-rígida.
  - Trinca Interligada – Trata-se de um conjunto de descontinuidades que se manifestam de forma interligada no pavimento, podendo ser dividida em trincas tipo couro de jacaré (J), quando as aberturas não apresentam direções preferenciais, e tipo bloco (TB), quando estas revelam-se com formato de blocos com lados bem definidos. Ambas podem ou não apresentar erosão nas bordas (JE E TBE, respectivamente).
- Panela (P) – Segundo o 005/2003–TER (DNIT, 2003), conhecido popularmente como buraco, trata-se de uma cavidade de dimensões variadas que se forma na superfície de rolamento, podendo atingir camadas inferiores.
- Exsudação (EX) – Segundo a 005/2003–TER (DNIT, 2003), este defeito trata-se da ocorrência exagerada de ligante asfáltico sob a camada de revestimento do pavimento.
- Ondulação (O) – Também chamado de corrugação, o 005/2003–TER, do DNIT (2003), cita que tal defeito é caracterizado pela formação de ondulações transversais na camada de revestimento do pavimento.

- Escorregamento (E) – Segundo o 005/2003–TER (DNIT, 2003), este defeito ocorre pelo deslocamento horizontal da camada asfáltica de rolamento em relação a sua base, acompanhadas de fendas em forma de meia-lua.
- Afundamento – De acordo com o 005/2003–TER, do DNIT, trata-se de uma deformação em forma de depressão, de caráter permanente, sendo, por vezes, acompanhada de solevamento e subdividida em afundamento plástico e consolidado. Na situação em que tais patologias se apresentarem com extensão de até 6 metros de comprimento, descreve-se como “local”, e quando se apresentarem nas trilhas de roda com mais de 6 metros, descreve-se “de trilha de rodas”. Essa subdivisão é descrita a seguir:
  - Afundamento plástico (ATP e ALP): Segundo a mesma fonte, afundamento plástico é causada pela fluência de uma ou mais camadas da superestrutura ou do subleito, associado ao surgimento de solevamento.
  - Afundamento consolidado (ATC e ALC): Ocasionado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas da superestrutura ou do subleito, não apresentando solevamento.
- Desgaste (D) – A normativa 005/2003–TER, do DNIT (2003) cita que tal defeito é caracterizado pelo arrancamento do agregado do revestimento, deixando o mesmo com aspecto áspero, com agregados a mostra na superfície e ausência progressiva de ligante.
- Remendo (R) – Compreendido também como solução para reparos de pavimentos, o remendo, de acordo com a 005/2003-TER (DNIT, 2003), ocorre em painéis antes existentes, que foram preenchidas com material asfáltico,

preenchendo novamente o material degradado do local, desde revestimentos a até camadas inferiores.

No caso das trincas, estas são ponderadas um sistema de classificação de acordo com seu nível de severidade. Conforme sua abertura menor que 1 mm e maior que 1 mm com e sem erosão das bordas, as trincas são classificadas de forma específica em FC-1, FC-2 e FC-3 (DNIT, 2006). A Tabela 3 abaixo estabelece um resumo dos defeitos e as respectivas causas e codificações, segundo a norma DNIT 005/2003 – TER.

**Tabela 3 - Patologias e suas causas prováveis de surgimento**

<b>Tipo de Patologia</b>	<b>Imagem</b>	<b>Causas prováveis</b>
<b>Fissura (FI)</b>	-	*Não representa dano funcional expressivo ao pavimento devido ao fato de se tratar de uma fenda incipiente.
<b>Trinca Isolada (TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)</b>		Reflexão de irregularidades presente na base; Tensões de tração no interior da fibra do revestimento devido ao tráfego (fadiga); Oscilação diária de temperatura ou dissecação do revestimento ou da camada subjacente;
<b>Trinca Interligada (J, JE, TB, TBE)</b>		
<b>Afundamento Plástico (ALP, ATP)</b>		Fluência plástica de uma ou mais camadas da estrutura;

Continua...

Continuação...

**Afundamento Consolidado (ALC, ATC)**



“Consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito”;

**Panela (P)**



Estágio final de trincamento por fadiga; desintegração (desgaste) localizada na superfície do pavimento;

**Ondulação (O)**



Instabilidade da base e/ou do material asfáltico; excesso de umidade nas camadas inferiores; presença de materiais estranhos ou água na mistura asfáltica;

**Escorregamento (E)**



Interação deficiente do revestimento e a camada inferior; falha na compactação do revestimento ou base; fluência térmica do asfalto ou falta de inércia do mesmo devido à pouca espessura.

**Exsudação (EX)**



Dosagem deficiente, com excesso de ligante em alguns pontos ou no geral; segregação de massa no momento do espalhamento.

**Desgaste (D)**



Provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego, destacados em locais de frenagem, aceleração e em locais de curva, por exemplo; adesividade deficiente entre ligante e agregado; falha na dosagem da mistura.

#### 4.5.2 Avaliação Funcional Objetiva: Procedimento DNIT-PRO 006/2003

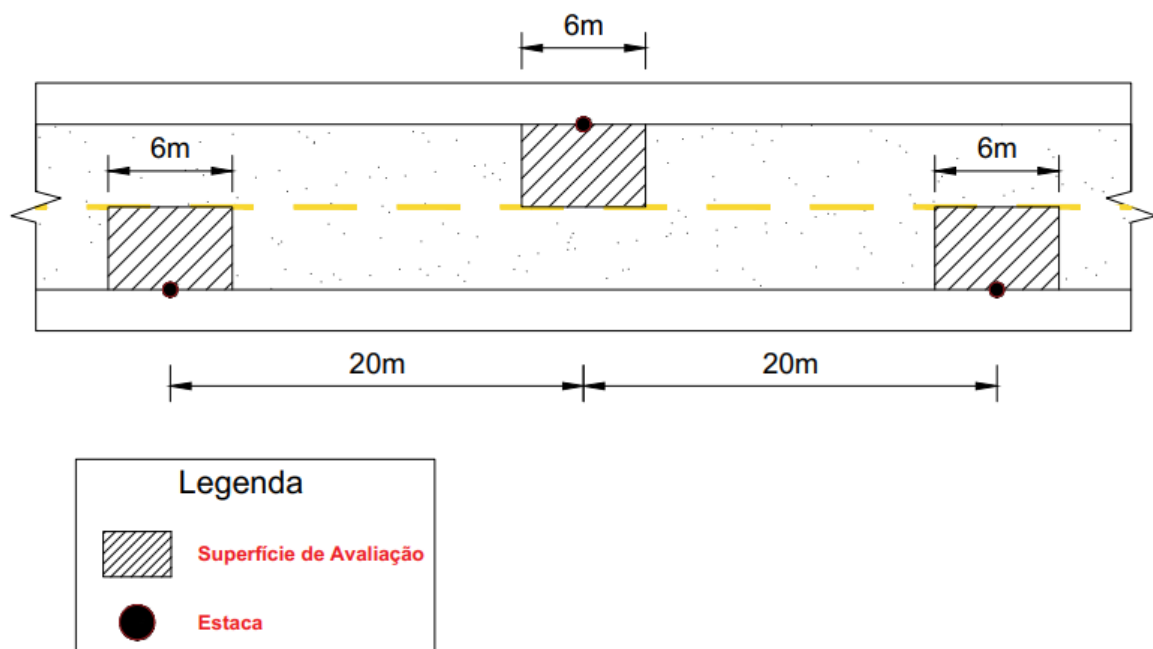
Visando um eficiente diagnóstico de defeitos nos pavimentos, o DNIT estabelece em sua Norma 006/2003-PRO uma sistemática de avaliação da condição funcional de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, obtido por um levantamento sistemático de defeitos (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Além da averiguação dos defeitos, esta norma preconiza também um método de cálculo, a partir dos levantamentos de campo, capaz de apresentar as frequências absolutas e relativas de cada patologia presente e objetivando o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), responsável pela qualificação do pavimento (DNIT, 2003).

A sistemática de avaliação funcional de um pavimento, segundo o DNIT (2003), segue estabelecendo ao longo da via pontos de ensaio (estacas), espaçados de 20 m entre si. A partir destes pontos, são estabelecidos quadrantes, denominados de “superfície de avaliação”, nas quais são delimitados por uma seção transversal localizada 3 m avante, outra 3 m à ré do referido ponto de ensaio e limitado lateralmente pelo eixo central da via.

Nestas condições, configura-se superfícies de 21 m<sup>2</sup> (6,0m x 3,5m), intercaladas entre as faixas de tráfego da direita e da esquerda da via, como esquematizada na Figura 4, abaixo. Todos os procedimentos citados são executados em cada uma das amostras (trecho avaliado), separadamente.

**Figura 4** – Exemplo do método de avaliação objetiva dos pavimentos

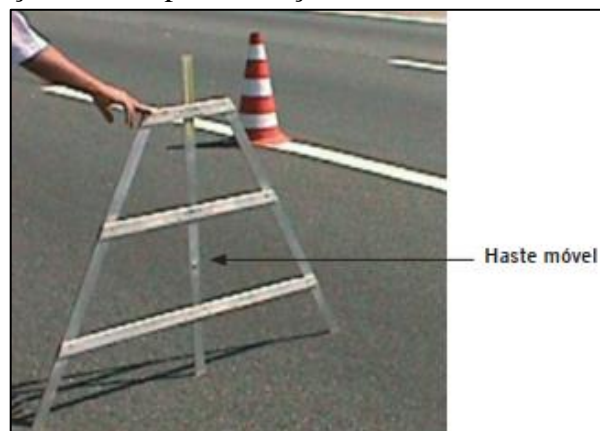


Fonte: Próprio Autor, 2020.



Para inventariar os defeitos da superfície das estações de ensaio, a referida norma dispõe do *formulário de inventario do estado da superfície do pavimento*, constado no Anexo B da normativa referida (Anexo A). Nele, é possível catalogar a presença de cada defeito. A análise é desempenhada de forma manual e à vista desarmada e fazendo uso de trena e treliça metálica padronizada, dotada de haste graduada móvel (Figura 5), capaz de medir, em milímetros, os afundamentos de trilhas de roda interna e externa das faixas de rolamento analisadas.

**Figura 5** – Treliça metálica para medição de afundamentos em trilhas de roda



**Fonte:** Bernucci *et al.*, 2010.

Com os dados catalogados em campo, a 006/2003-PRO detalha também a sequência de cálculo para a obtenção do IGG, especificado adiante. Com este modelo, além do IGG, é possível obter dados de frequência relativa de ocorrência de cada patologia separadamente. Primeiramente, determina-se as frequências relativas ( $fr$ ) dos eventos anotados, expressos na Equação 1, acompanhado da média aritmética ( $x$ ) e variância ( $s^2$ ), expressos na Equação 2 e 3, respectivamente, das deflexões nas trilhas de roda.

$$fr = \frac{(fa \times 100)}{n} \quad \text{(Equação 1)}$$

onde:

$fr$ : frequência relativa;

$fa$ : frequência absoluta, representada pelo somatório das ocorrências;

$n$ : número de superfícies de avaliação inventariadas.

$$x = \frac{\sum xi}{n} \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

$x$ : média aritmética dos valores das flechas nas trilhas de rodas;

$xi$ : valores individuais das trilhas de roda de cada superfície de avaliação.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2}{n-1}} \quad (\text{Equação 3})$$

onde:

$s$ : desvio padrão.

A cada patologia verificada, atribui-se nos cálculos fatores de ponderação ( $fp$ ) quanto a sua influência na serventia do pavimento, os quais constam na Tabela 04, abaixo. A multiplicação da  $fr$  com o  $fp$ , obtém-se o Índice de Gravidade Individual (IGI), como apresentado na Equação 4.

$$IGI = fr \times fp \quad (\text{Equação 4})$$

onde:

IGI: Índice de Gravidade Individual;

$fp$ : fator de ponderação.

**Tabela 4** - Fator de ponderação para cálculo de serventia pelo IGG e suas codificações, segundo a Norma DNIT 005/2002-TER

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT (2006).

Também se calcula a parcela de contribuição das flechas de trilha de rodas,  $IGI_F$  e  $IGI_{FV}$ , nos cálculos da serventia. Para tal, são consideradas as hipóteses para cada caso:

$$IGI_F = F \times \frac{4}{3} \text{ para o caso de } F \leq 30, \text{ caso contrário, } IGI_F = 40; \quad (\text{Equação 5})$$

$$IGI_{FV} = FV \times 1 \text{ para o caso de } FV \leq 50, \text{ caso contrário, } IGI_{FV} = 50. \quad (\text{Equação 6})$$

Do somatório de todos os IGI's calculados (Equação 7), resulta-se no valor de IGG.

$$IGG = \sum IGI \quad (\text{Equação 7})$$

Diante dos dados, estes são confrontados com a Tabela 2 da 006/2003-PRO (Tabela 5, abaixo), possibilitando a conceituação de cada pavimento quanto a sua degradação.

**Tabela 5** - Conceituação da serventia de pavimentos a partir do IGG calculado.

Conceito	Limites
<b>Ótimo</b>	$0 < IGG \leq 20$
<b>Bom</b>	$20 < IGG \leq 40$
<b>Regular</b>	$40 < IGG \leq 80$
<b>Ruim</b>	$80 < IGG \leq 160$
<b>Péssimo</b>	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2003).

### 4.5.3 *Manutenção e Reparo de Pavimentos*

Bernucci *et al.* (2010) afirma que, ao buscar estabelecer uma infraestrutura perene que desempenhe satisfatoriamente às funções de trafegabilidade, o projeto de pavimentação deve visar cumprir a demanda estrutural e funcional de cada via. Avaliando pelo parâmetro de que “vias que apresentam maior número de tráfego necessitam de mais atividades de manutenção” (SALVIATTO; JÚNIOR; FONTENELE, 2019, p. 04), um eficiente Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) torna-se, muitas vezes, um instrumento público vantajoso, refletindo em ganhos para toda a população que usufrui das vias, já que, quando bem executadas, é capaz de suprir as exigências dos usuários daquela economia (BERRES, 2018).

Sendo assim, as obras de Manutenção e Restauração de pavimentos visam contribuir para isso, propondo um adequado potencial funcional do mesmo em três aspectos gerais bem quistos pela população: conforto, segurança e economia. Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006, p. 28), manutenção rodoviária

Compreende um processo sistemático a que, de forma contínua, deve ser submetida uma Rodovia, no sentido de que esta, de conformidade com suas funções e magnitude de tráfego, venha a oferecer ao usuário, permanentemente, um tráfego econômico, confortável e seguro, em consonância com competentes preceitos de otimização técnico-econômica do “Custo Total de Transporte”.

A fim de sustentar a responsabilidade que os pavimentos tem durante sua vida útil, diversos cuidados sob este segmento urbanístico se mostram necessário. Para isso, é demandado um acurado conhecimento a respeito das causas dos problemas que, por ventura, venham a ocorrer em um pavimento, contribuindo para um eficiente monitoramento e nas tomadas de decisão de ação. É o que afirma Almeida e Paiva (2019, p. 08), ao dizer que “A investigação das causas das patologias nos pavimentos é a principal ferramenta para gerenciá-los corretamente”.

Neste setor de manutenção de rodovias, a conservação é um dos enfoques priorizados para estabelecer uma condição funcional perene. Obras como esta objetivam amenizar ou até sanar defeitos que venham a surgir no pavimento, garantindo sua funcionalidade (DNIT, 2006). Este tipo de intervenção é responsável por retardar o agravamento de defeitos e até mesmo o surgimento de novos. Tal intervenção faz uso de algumas técnicas de reparo nas quais, de acordo com algumas literaturas, variam conforme a estratégia para cada caso, tais

como remendos, reparos localizados, selagem de trincas, microrrevestimento, dentre outras ações de baixo custo.

Ainda segundo o DNIT (2006), já no ramo da restauração, esta preconiza corrigir pavimentos altamente degradados superficialmente, muito comumente fazendo uso do recapeamento asfáltico como solução funcional, sendo este uma das principais soluções avaliadas neste estudo. Porém esta solução se mostra onerosa para os cofres públicos, o que fomenta ainda mais a preferência por manutenções rotineiras e constantes e conservações paliativas.

#### ***4.5.4 Obras de Restauração: O Recapeamento no Desenvolvimento Urbano***

Com a meta de agregar vida útil e serventia ao pavimento, a intervenção por recapeamento, segundo o DNIT (2006), consiste na execução de uma ou mais camadas de forma sobreposta ao pavimento existente, a fim de reestabelecer a segurança estrutural e funcional do pavimento, garantindo um novo ciclo de vida de até 10 anos.

Em certos casos onde a via já possui calçamento de pedras, geralmente opta-se por obras como essa, na qual os paralelepípedos passam agora a atuar como base do novo revestimento, por reaproveitamento (SENÇO, 2008). Entretanto, esta solução funcional deve ser passível de análise preliminar de estado do calçamento, já que sua estrutura pode estar comprometida.

Em geral, de fato, o recapeamento mostra-se uma solução que corrige e/ou ameniza, em um primeiro momento, todos os defeitos superficiais existentes, já que os sobrepõem. Porém, assim como qualquer outra solução de manutenção e reparo, esta deve haver uma análise e planejamento, haja vista que esta atitude evita decisões equivocadas que, muitas vezes não solucionam todas as patologias a longo prazo, podendo inclusive contribuir para o surgimento de outros defeitos (ALMEIDA; PAIVA, 2019).

##### ***4.5.4.1 Intervenção Executiva***

As operações de recapeamento sob o pavimento de paralelepípedo compartilham de procedimentos também presentes em outras obras desta modalidade e que envolvam camada asfáltica. A começar pela limpeza da superfície do revestimento antigo, na qual pode-se utilizar vassouras mecânicas rotativas ou manuais e/ou jatos de ar comprimido para a retirada do pó e qualquer material solto que comprometa a nova camada superior (BERRES, 2018).

Após a adequada limpeza do trecho, as atividades prosseguem com a pintura de ligação sobre os paralelos. Objetivando a boa aderência da camada asfáltica ao calçamento, a pintura de ligação é executada com o auxílio de um caminhão espargidor a uma taxa de ligante de 0,8 L/m<sup>2</sup> a 1,0 L/m<sup>2</sup>, de maneira uniforme e com temperatura que propicie uma viscosidade para tal. (DNIT, 2012). Uma vez realizada a aplicação, deve-se esperar o escoamento da água do material.

Em sequência, executa-se a camada de regularização, geralmente utilizando PMQ como material, como pode ser visto na Figura 6. Com objetivo de corrigir as imperfeições presentes no pavimento de paralelepípedos, o PMQ é depositado e espalhado por pavimentadoras automotrizes e equipamentos manuais, como pás e rastéis, capazes de espalhar e nivelar a mistura, visando adequar uma camada 4,0 centímetros, em média, do material posteriormente compactado (BERRES, 2018).

**Figura 6** - Etapas de execução de um pavimento asfáltico sobre paralelepípedos



**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Após realizada a compactação da camada de PMQ, é iniciada a camada de rolamento composta unicamente de CAUQ. A execução desta camada se assemelha bastante a inferior, compartilhando todos os procedimentos e equipamentos citados anteriormente. Porém, detalhes como espessura da camada e o maquinário de compactação podem variar (BERRES, 2018), por esta se tratar da camada mais nobre da estrutura.

Vale salientar que em todas as etapas envolvendo materiais asfálticos é necessário haver um controle rígido de suas temperaturas e do ambiente, no momento da execução (BERRES, 2018). O DNIT (2006) também salienta a importância da qualidade comprovada destes materiais, a partir de ensaios de laboratório, assim como na altura da camada especificada em projeto e no alinhamento e compactação final do greide.

#### *4.5.4.2 Importância do Recapeamento e Ganhos Para a Infraestrutura Viária*

Um dos benefícios mais facilmente observados após o recapeamento asfáltico é o conforto. Com a conquista de um material de revestimento liso e uniforme, o contato do pneu no rolamento entrega menores efeitos ao veículo, quando comparado. Em sua literatura, Senço (2008) explica que o pavimento revestido com paralelepípedos entrega aos usuários um maior desconforto por gerar trepidações aos veículos, causado pela rugosidade própria do sistema e das patologias que possam vir a surgir no intertravamento das rochas.

Relacionado ainda ao conforto, Senço (2008) também expõe a problemática sonora, bem solucionada com a nova camada de concreto asfáltico. O ganho após o recapeamento neste aspecto pode não refletir apenas na acústica interna do veículo e dos seus ocupantes, mas também nos pedestres e frequentadores das edificações circunvizinhas, já que, quanto maior o fluxo de veículos, maior a poluição sonora neste caso.

Como é possível observar no IPR-741 do DNIT (2010), a premissa de segurança viária é encarada com seriedade em todos os setores da pavimentação. Na situação urbana, um bom revestimento pode proporcionar maiores velocidades de tráfego de forma segura e sem abdicar do conforto. Sendo assim, a melhoria asfáltica neste aspecto pode ser facilmente sentida no dia a dia de tráfego, ao sanar alguns fatores de riscos de acidentes, como patologias e déficit de aderência do pneu com o rolamento, problemas estes, inclusive, apontados por motociclistas como causadores de acidentes de trânsito (TORRES, RIBEIRO E NODARI, 2019).

Há também uma grande necessidade de se ter boas sinalizações de trânsito, tendo em vista a interferência de pedestres e sua segurança dentro do sistema viário. Devido sua composição, os pavimentos de paralelepípedos inviabilizam a adoção das sinalizações horizontais, como linhas de divisão e indicação de fluxo ou faixas de pedestre, por exemplo, tornando o recapeamento uma medida que possibilita tal implantação (DANIELESKI, 2004). Além dos benefícios aos condutores de veículos, portanto, isso também torna o ambiente urbano mais lúdico, seguro e organizado para os pedestres.

Economicamente falando, a relação entre o protagonismo rodoviário na matriz de transporte nacional e o custo operacional dos veículos é mais um motivo importante ao se considerar um recapeamento asfáltico, visto seu papel no escoamento de produção e no desenvolvimento regional (SANT'ANA, 2009). No enfoque de um melhor gerenciamento da qualidade dos pavimentos, recapear vias revestidas por paralelepípedos com um material asfáltico liso pode proporcionar, no revestimento antigo, correções de defeitos funcionais pré-

existentes. Isso garante bons ganhos financeiros aos usuários, já que os gastos com manutenções mecânicas dos automóveis serão reduzidos (PÁEZ, 2015), além de proporcionar viagens mais curtas, reduzindo gastos com tempo logístico.

De fato, por se tratar do empreendimento de infraestrutura de maior contato direto com a população, eventuais erros no projeto de pavimentação e/ou ausência de reparos públicos logo são sentidos com o surgimento dos defeitos (DANIELESKI, 2004). Além desta percepção interpessoal, sabe-se que a carência de financiamento em infraestrutura e manutenção de vias atinge não somente o âmbito social, mas também afeta toda a cadeia produtiva (CNT, 2019), impactando inclusive o comércio, com a redução de sua visibilidade, ao passo que naturalmente haverá um desinteresse de se utilizar aquela rua.

De fato, investimentos no setor de transportes transformam o grau de acessibilidade de uma região, possibilitando a valorização do local e repercutindo no preço dos imóveis e terrenos locais. Tudo isso mostra que “o traçado das cidades está diretamente ligado com o seu crescimento, possuindo papel fundamental no deslocamento de pessoas e mercadorias, portanto, formador da mobilidade urbana.” (RODRIGUES, 2011, p. 43).



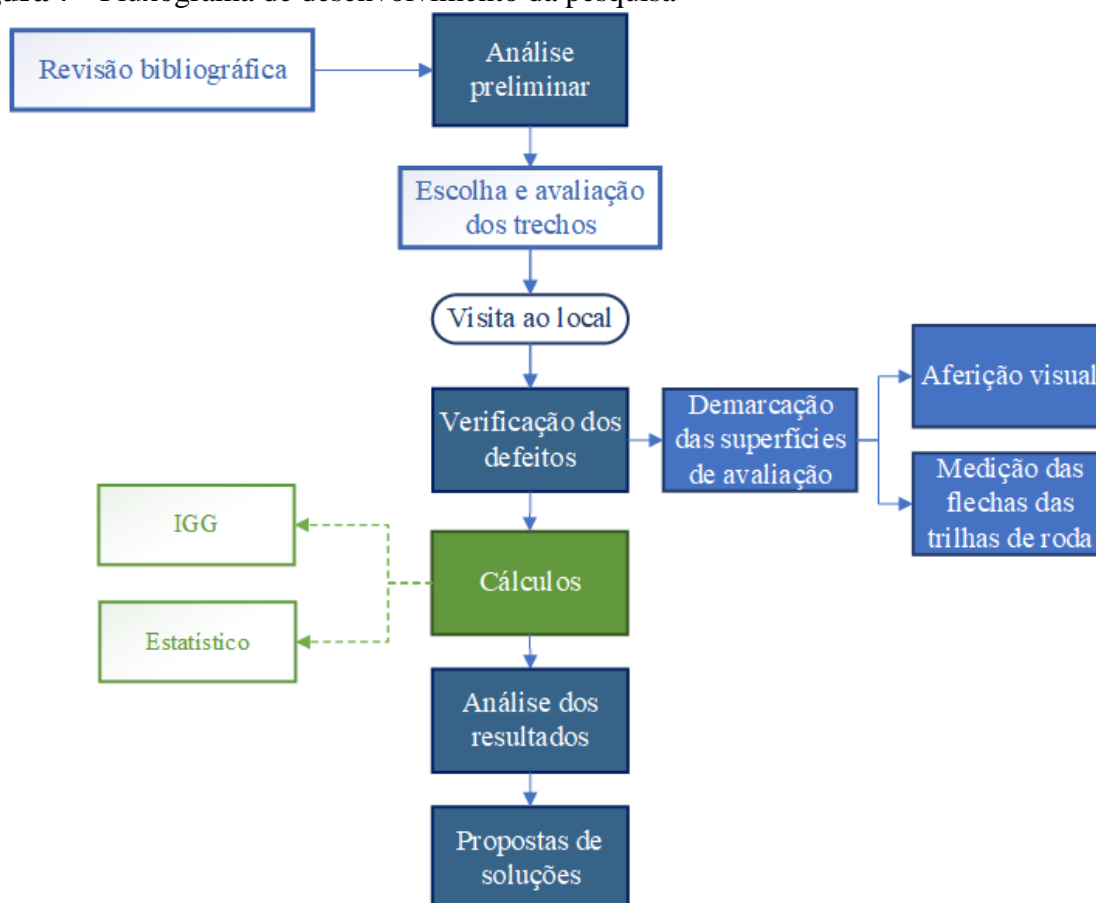
## 5 METODOLOGIA

A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso e possui três etapas, sendo a primeira com a realização prévia de um estudo bibliográfico em literaturas científicas, como periódicos, revistas e repositórios, assim como nas normas e manuais preconizados pelo DNIT, tendo, por isso, uma abordagem descritiva e exploratória quanto a seus objetivos.

Em seguida foi realizado um levantamento de campo, utilizando ferramentas observacionais de identificação e catalogação dos defeitos das superfícies de avaliação demarcadas nos revestimentos de todos os trechos amostrais, seguindo os preceitos da norma DNIT 006/2003-PRO. Para isso, foi utilizado o formulário de inventário do estado da superfície do pavimento, em Anexo A.

Prosseguiu-se, na terceira etapa, com a análise de dados extraídos em campo, fazendo uso do método de cálculo prescrito pela referida norma, auxiliado pela Planilha de cálculo do IGG, em Anexo B, caracterizando uma abordagem de estudo quali-quantitativa. A metodologia traçada neste trabalho foi esquematizada na Figura 7, a seguir.

**Figura 7** - Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Devido a ocorrência da pandemia da COVID-19 durante a execução deste trabalho, assim como as nuances pertinentes ao período de eleições municipais, alguns dados de campo e públicos, de acesso burocrático, como os encontrados em documentações da prefeitura, foram inviabilizados, dificultando uma acurácia maior de dados referentes a datas de execução das amostras observadas em estudo. Uma alta precisão sobre as características estruturais de sub-base e espessuras, presentes geralmente em projetos executivos, também foi impossibilitada.

## 5.1 Área de Estudo

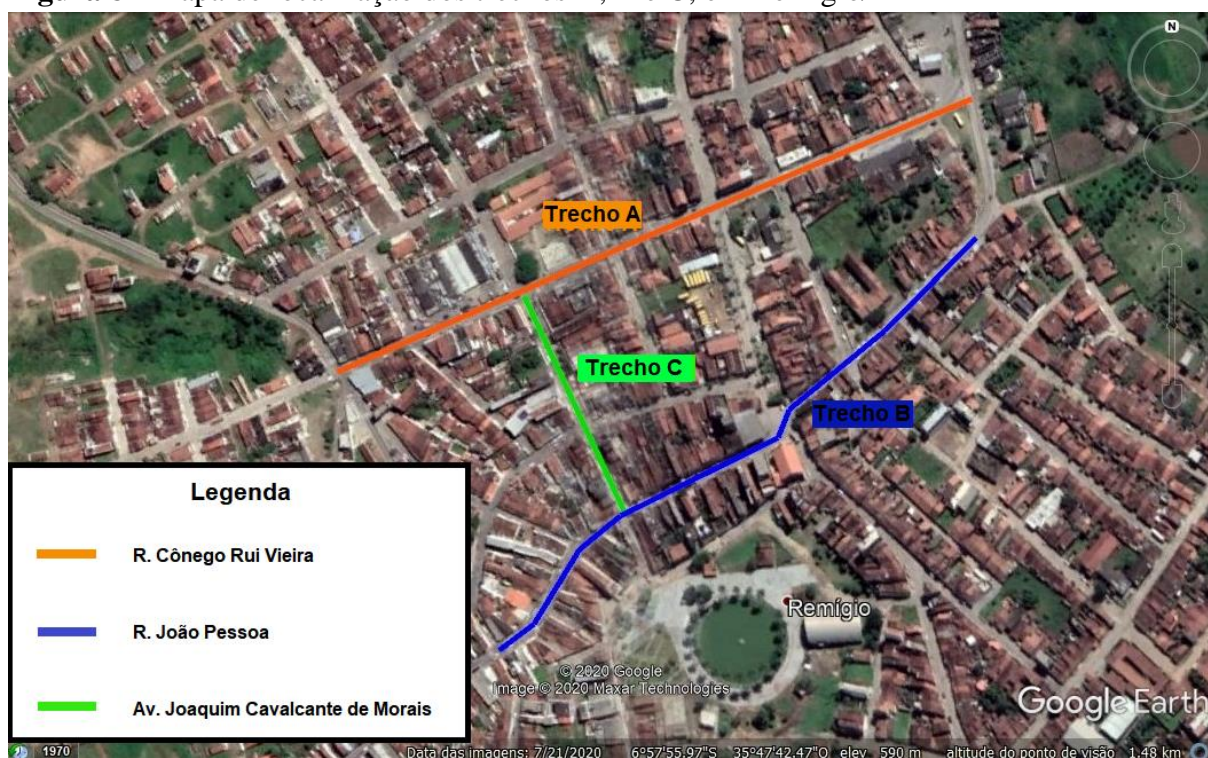
Para as amostras que serviram de base para o estudo, adotou-se quatro trechos de duas travessias urbanas da microrregião Curimataú Ocidental da Paraíba, visto sua semelhança nos critérios de importância, configuração e tráfego. Os trechos de travessias urbanas pertencem a PB-105, todas pavimentadas com CAUQ e com base em paralelepípedos, e localizam-se nos municípios de Remígio e Arara, cidades fronteiriças.

Na cidade de Remígio, que possui uma população estimada de 19.798 habitantes, localizam-se três dos quatro trechos estudados, nomeados de Trecho A, B e C, totalizando 1,08 km de extensão. O trecho A encontra-se nas coordenadas iniciais  $6^{\circ}57'48.02''S$  /  $35^{\circ}47'32.45''O$  e final  $6^{\circ}57'55.46''S$  /  $35^{\circ}47'50.08''O$  e refere-se à Rua Cônego Rui Vieira, com 502 m, toda em trecho simples de mão única. Nesta foram inventariadas 25 estacas. Esta, além de escoar o trânsito da própria cidade, recebe o tráfego advindo das cidades circunvizinhas de Areia/PB e Arara/PB.

O trecho B posiciona-se nas coordenadas iniciais  $6^{\circ}58'02.97''S$  /  $35^{\circ}47'32.45''O$  e final  $6^{\circ}57'51.83''S$  /  $35^{\circ}47'32.39''O$  e refere-se a Rua João Pessoa, com 402 m, toda em trecho simples de mão única. Nesta foram inventariadas 20 estacas. Esta via, além de escoar o trânsito da própria cidade, recebe o tráfego advindo das cidades circunvizinhas de Esperança/PB e Barra de Santa Rosa/PB.

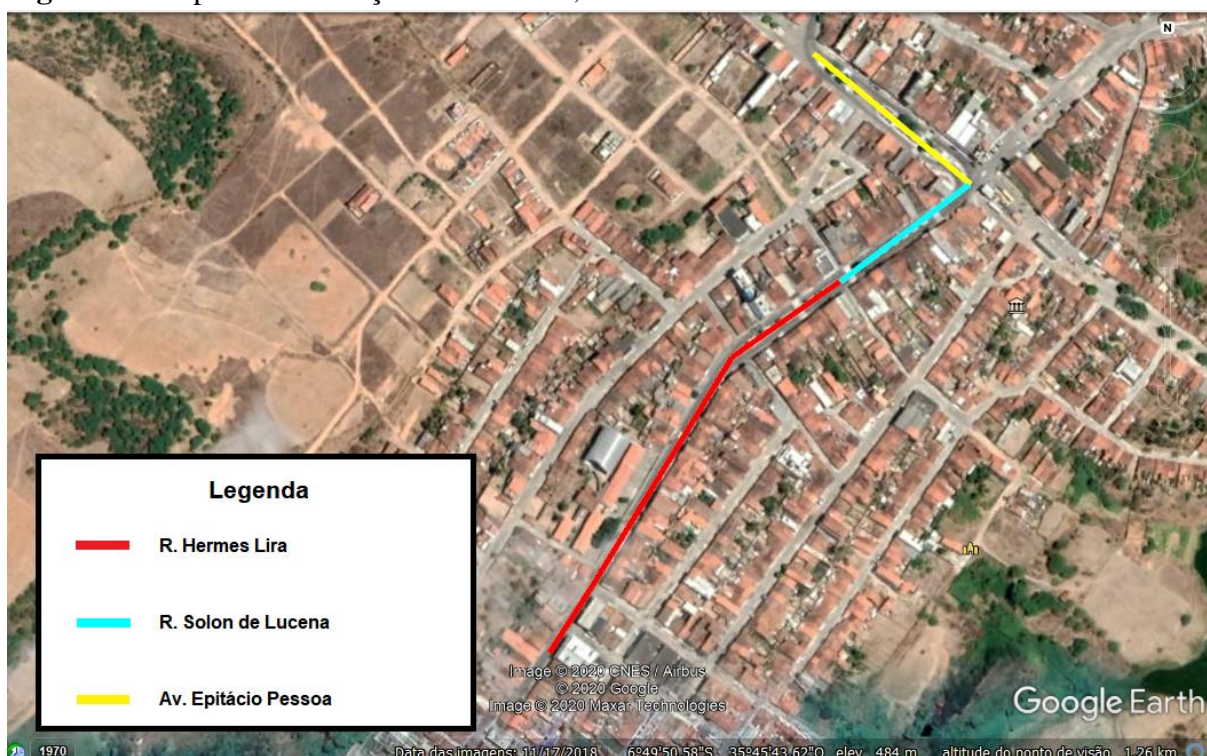
Já o trecho C encontra-se nas coordenadas iniciais  $6^{\circ}57'59.35''S$  /  $35^{\circ}47'42.12''O$  e final  $6^{\circ}57'53.40''S$  /  $35^{\circ}47'44.88''O$  e refere-se a Av. Joaquim Cavalcante de Moraes, de 162 m, em trecho simples de mão dupla. Nesta foram inventariadas 8 estacas. Este interliga os trechos A e B, supracitados, e serve como uma alternativa de retorno. A Figura 8 apresenta a indicação destes trechos.

**Figura 8** - Mapa de localização dos trechos A, B e C, em Remígio/PB



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Na cidade de Arara, que possui uma população estimada de 13.542 habitantes, localiza-se o Trecho D, com extensão total de 448 m, sendo 226 m da Rua Hermes Lira, de característica simples de mão dupla, toda a Rua Solon de Lucena, de 107 m, de mão dupla separada por canteiro, e finalizando com um trecho da Av. Epitácio Pessoa, de 115 m, em mão dupla separada por canteiro. Nesta foram inventariadas 22 estacas. O Trecho D posiciona-se nas coordenadas iniciais  $6^{\circ}49'56.80''\text{S}$  /  $35^{\circ}45'45.02''\text{O}$  e final  $6^{\circ}49'42.23''\text{S}$  /  $35^{\circ}45'38.54''\text{O}$  e refere-se a um fragmento de travessia urbana da cidade. A Figura 9 apresenta a indicação do referido trecho completo da cidade de Arara.

**Figura 9** - Mapa de localização do trecho D, em Arara/PB

Fonte: Próprio Autor, 2020.

A partir do descrito, a Tabela 6, abaixo, resume as principais características geométricas dos trechos avaliados.

**Tabela 6** – Resumo das características geométricas dos trechos

Trechos	Endereço	Extensão (m)	Características da pista
<b>A</b>	Rua Cônego Rui Vieira	502,0	Simple de mão única;
<b>B</b>	Rua João Pessoa	508,0	Simple de mão única;
<b>C</b>	Av. Joaquim Cavalcante de Morais	164,0	Simple de mão dupla;
	Rua Hermes Lira	226,0	Simple de mão dupla;
<b>D</b>	Rua Solon de Lucena	107,0	Simple de mão dupla separada por canteiro;
	Av. Epitácio Pessoa	115,0	Simple de mão dupla separada por canteiro;

Fonte: Próprio Autor, 2020.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo será exposto todos dados inventariados nas etapas de campo deste trabalho, assim como os resultados atingidos a partir dos cálculos propostos pela Norma DNIT 006/2003-PRO e seguindo as metodologias descritas no Capítulo 5. Em sequência aos dados dos resultados, será dissertado uma análise interpretativa de cada amostra, evidenciando todos os pontos relevantes, assim como uma proposta de melhoria.

### 6.1 Trecho A

Neste trecho de travessia urbana foram inventariadas 25 estacas, tendo manifestado nelas uma grande quantidade de patologias, apresentadas neste estudo na forma de frequência absoluta unitária e relativa (não resumindo as fendas em FC-1, FC-2 e FC-3, como procede o DNIT (2003)), na Tabela 7, abaixo.

**Tabela 7** – Frequências patológicas para cada tipologia de defeitos no trecho A

	<b>FI</b>	<b>TTC</b>	<b>TTL</b>	<b>TLC</b>	<b>TLL</b>	<b>TRR</b>	<b>J</b>	<b>TB</b>	<b>JE</b>	<b>TBE</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	3	8	2	0	0	0	3	18	0	8
<b>Frequência relativa (%)</b>	12,0	32,0	8,0	0,0	0,0	0,0	12,0	72,0	0,0	32,0
	<b>ALP</b>	<b>ATP</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>EX</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>ALC</b>	<b>ATC</b>	<b>E</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	0	2	5	10	0	12	3	2	7	5
<b>Frequência relativa (%)</b>	0,0	8,0	20,0	40,0	0,0	48,0	12,0	8,0	28,0	20,0

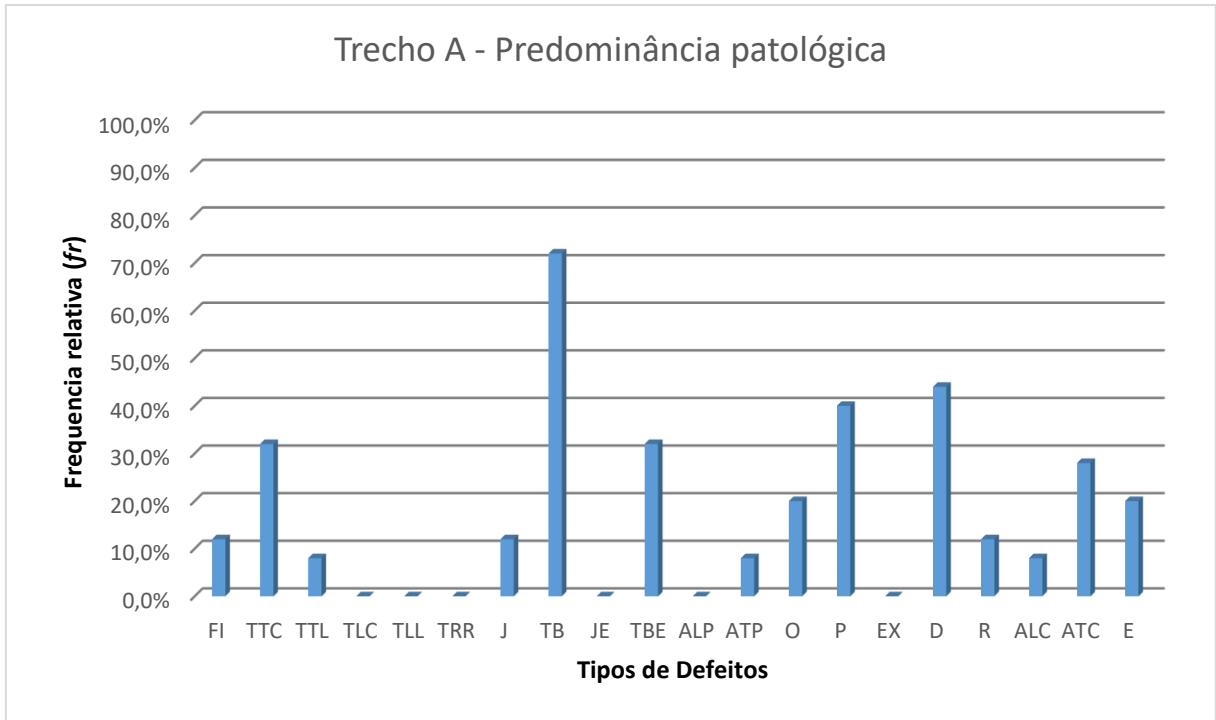
Fonte: Próprio Autor, 2020.

Em relação ao defeito de desgaste, só foi considerada nas superfícies de avaliação em que tal patologia já se encontrava em estado avançado, visto que em todo o trecho foi evidenciado desgaste leve a moderado (ao menos) sempre.

Com estes dados foi possível plotar um gráfico destacando, lado a lado, a presença de cada defeito separadamente e sua recorrência nas 25 superfícies, em percentagem. Tal gráfico (Gráfico 1) apresenta-se a seguir.



**Gráfico 1 – Predominância patológica do trecho A**



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Diante do exposto, observa-se neste trecho avaliado uma predominância da trinca em bloco, ocorrendo em 18 das 25 estacas, representando 72% de toda a amostra. Em sequência, a ocorrência do desgaste acentuado, em 48% das superfícies avaliadas. As placas foram também destaque, presente em 10 estacas, representando uma frequência relativa de 40%. A Figura 10, a seguir, ilustra alguns dos principais defeitos encontrados no trecho A.

**Figura 10 – a) Desgaste com placas; b) Trinca em bloco com e sem erosão; c) placa**



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Para efeitos de cálculo de IGG, dispôs-se da Tabela 8, a seguir, a qual segue o padrão de naturezas patológicas encontrada na norma DNIT 006/2003-PRO, apresentando as frequências absolutas gerais e as consideradas no cálculo.

**Tabela 8** - Frequências absolutas inventariadas no trecho A

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência absoluta de cálculo</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	13	0
<b>FC-2 (J e TB)</b>	21	15
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	8	8
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	11	11
<b>O, P, E</b>	20	20
<b>EX</b>	0	0
<b>D</b>	7	7
<b>R</b>	3	3
<b>Trilha de roda</b>	20	-

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Com os dados acima, utilizou-se da Equação 1 para a obtenção das frequências relativas de cálculo. Para as trilhas de rodas, foram utilizadas as Equações 2 e 3. Em sequência, foi possível, a partir da Equação 4, o cálculo dos IGI para cada natureza de defeitos, observadas na Tabela 9, a diante.

**Tabela 9** – Frequências relativas e IGI do trecho A

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência relativa de cálculo</b>	<b>IGI</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	0,00%	0,00
<b>FC-2 (J e TB)</b>	60,0%	30,00
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	32,0%	25,60
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	44,0%	39,60
<b>O, P, E</b>	80,0%	80,00
<b>EX</b>	0,0%	0,00
<b>D</b>	48,0%	14,40
<b>R</b>	12,0%	7,20
<b>Média aritmética dos valores médios das flechas de trilhas de roda, em mm (F)</b>	1,32	1,76

<b>Média aritmética das variâncias das medidas das flechas de trilhas de roda, em mm (FV)</b>	2,27	2,27
---	------	------

Fonte: Próprio Autor, 2020..

Com os dados acima expostos, foi realizado o somatório dos IGI para esta amostra, obtendo para o trecho A o IGG de 201, conceituada, com isso, pela 006/2003-PRO como PÉSSIMO, bastante coerente com o testemunhado in loco.

De acordo com procedimento avaliativo do IGG indicou, bem como é possível notar no transcorrer da via no local, o revestimento asfáltico desta travessia urbana apresenta uma combinação de defeitos bastante avançados em seu grau de severidade. De acordo com a Tabela 7, percebe-se a incidência de trincas moderadas a graves, com 72% das superfícies de avaliação com trincas em bloco, apontando para uma possível reflexão da geometria característica da camada de base, de paralelepípedos, sendo este um problema generalizado ao longo da via. Segundo a mesma tabela, houve uma frequência de 32% de trincas do tipo FC-3, o que indica a fadiga do material.

O problema do desgaste excessivo também evidencia tal fadiga, presente em 48% da amostra, segundo a Tabela 7. As painéis também se mostram presentes, segundo a Tabela 7, com 40% de incidência no trecho. Algumas ocasiões desta patologia apresentavam ausência, até mesmo, do rejunte dos blocos de calçamento da sua base, um agravante para a situação geral do pavimento.

Diante da situação encontrada no local e com base no resultado do IGG do trecho A, observa-se que uma solução de conservação não solucionará com eficácia o problema. Sendo assim, é possível estabelecer na Tabela 10, abaixo, a proposta de solução para os principais defeitos presentes no trecho A.

**Tabela 10** - Soluções de M&R para o trecho A

<b>Defeitos</b>	<b>Solução</b>
<b>Trincas isoladas (FC-1)</b>	Demolição do pavimento degradado seguido da execução de recapeamento asfáltico em todo o trecho.
<b>Trincas interligadas (FC-2)</b>	
<b>Ondulação</b>	
<b>Painel</b>	

Fonte: Próprio Autor, 2020.



## 6.2 Trecho B

Neste trecho de travessia urbana foram inventariadas 20 estacas, e suas manifestações patológicas estão apresentadas neste estudo, a priori, de forma completa (não resumindo as fendas em FC-1, FC-2 e FC-3, como procede o DNIT (2003)), sob a forma de frequência absoluta unitária, em quantidades totais de aparecimento, e relativa, em percentagem, na Tabela 11 abaixo.

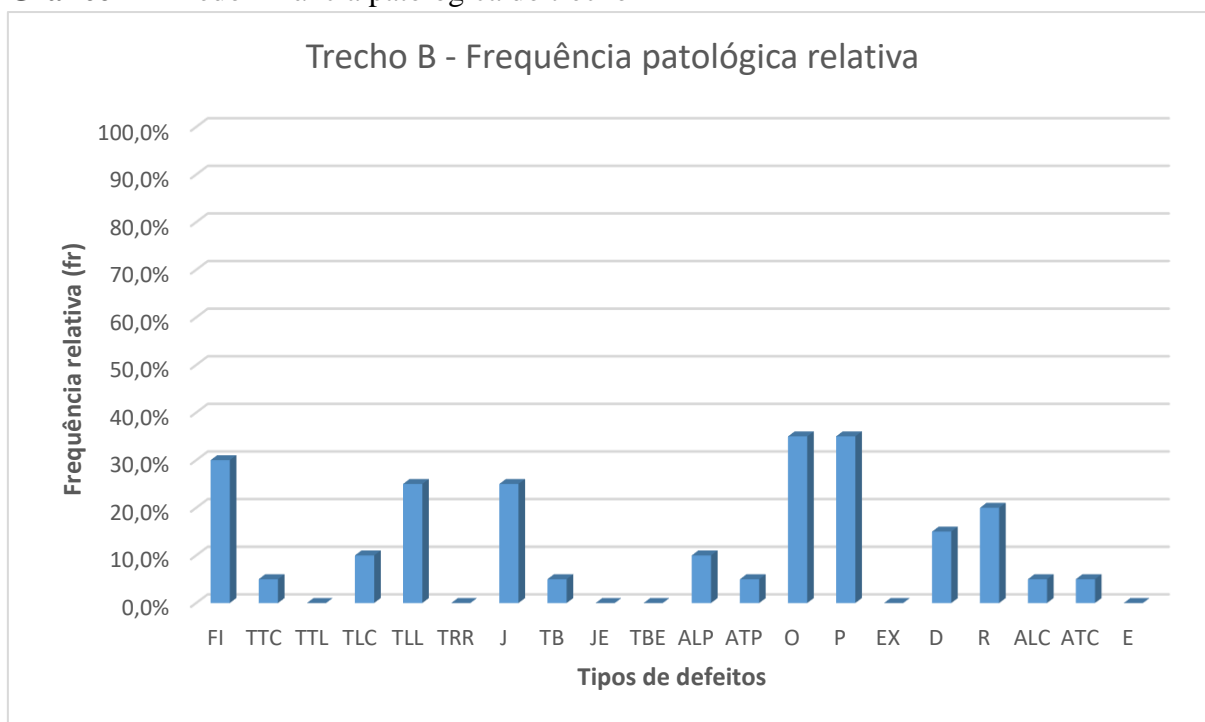
**Tabela 11** – Frequências patológicas para cada tipologia no trecho B

	<b>FI</b>	<b>TTC</b>	<b>TTL</b>	<b>TLC</b>	<b>TLL</b>	<b>TRR</b>	<b>J</b>	<b>TB</b>	<b>JE</b>	<b>TBE</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	6	1	0	2	5	0	5	1	0	0
<b>Frequência relativa (%)</b>	30,0	5,0	0,0	10,0	25,0	0,0	25,0	5,0	0,0	0,0
	<b>ALP</b>	<b>ATP</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>EX</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>ALC</b>	<b>ATC</b>	<b>E</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	2	1	7	7	0	3	4	1	1	0
<b>Frequência relativa (%)</b>	10,0	5,0	35,0	35,0	0,0	15,0	20,0	5,0	5,0	0,0

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Alinhado com o critério do trecho A, o defeito de desgaste só foi considerado nas superfícies de avaliação em que tal patologia já se encontrava em estado avançado. Porém neste trecho não houveram uma predominância ao longo do trecho.

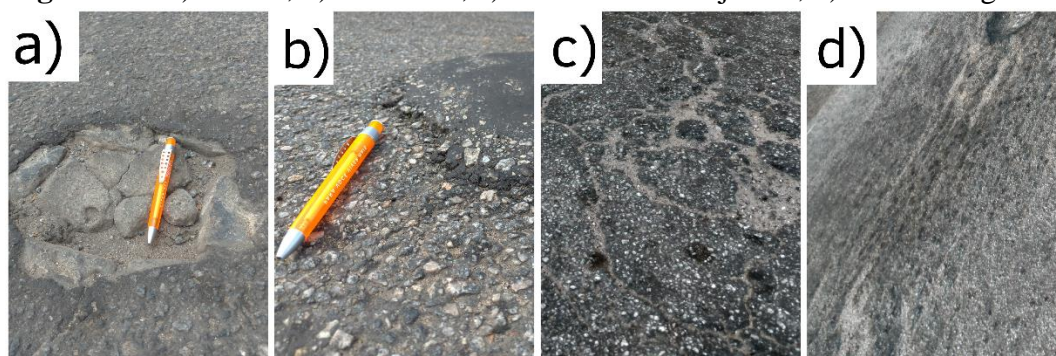
Estes dados permitiram a plotagem de um gráfico, destacando, lado a lado, a presença de cada defeito separadamente e sua recorrência nas 20 superfícies de avaliação, em percentagem. Tal gráfico (Gráfico 2) apresenta-se a seguir.

**Gráfico 2 – Predominância patológica do trecho B**

**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Diante do exposto, observa-se neste segundo trecho avaliado uma predominância patológica de ondulações e panelas, ambas ocorrendo em 7 das 20 estacas, representando 35% das superfícies de avaliação. Em sequência, a ocorrência de fissuras foi também notada em 6 estacas, representando uma frequência relativa de 30%. A Figura 11, a seguir, ilustra alguns dos principais defeitos encontrados no trecho B.

**Figura 11** - a) Panela; b) Remendo; c) Trinca couro de jacaré; d) Trinca longitudinal;



**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Para efeitos de cálculo de IGG, dispôs-se da Tabela 12, a seguir, a qual segue o padrão de naturezas patológicas encontrada na norma DNIT 006/2003-PRO, apresentando as frequências absolutas gerais e as consideradas no cálculo.

**Tabela 12** - Frequências absolutas inventariadas no trecho B

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência absoluta de cálculo</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	14	8
<b>FC-2 (J e TB)</b>	6	6
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	0	0
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	5	5
<b>O, P, E</b>	14	14
<b>EX</b>	0	0
<b>D</b>	3	3
<b>R</b>	4	4
<b>Trilha de roda</b>	16	-

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Com os dados acima, utilizou-se da Equação 1 para a obtenção das frequências relativas de cálculo. Para as trilhas de rodas, foram utilizadas as Equações 2 e 3. Em sequência, foi possível, a partir da Equação 4, o cálculo dos IGI para cada natureza de defeitos, explicitado a diante, na Tabela 13.

**Tabela 13** – Frequências relativas e IGI do trecho B

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência relativa de cálculo</b>	<b>IGI</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	40,00%	8,00
<b>FC-2 (J e TB)</b>	30,00%	15,00
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	0,00%	0,00
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	25,00%	22,50
<b>O, P, E</b>	70,00%	70,00
<b>EX</b>	0,00%	0,00
<b>D</b>	15,00%	4,50
<b>R</b>	20,00%	12,00
<b>Média aritmética dos valores médios das flechas de trilhas de roda, em mm (F)</b>	1,43	1,90
<b>Média aritmética das variâncias das medidas das flechas de trilhas de roda (FV)</b>	1,71	1,71

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Com os dados acima expostos, foi realizado o somatório dos IGI para esta amostra, obtendo para o trecho B o IGG de 136, classificada pela 006/2003-PRO, como RUIM.

Em consonância com o que foi visto na Tabela 11 e Tabela 13, nenhum defeito apresentou quantidade expressiva (Gráfico 02) no trecho B. Entretanto, observa-se uma incidência de 40% das trincas de grau 1 (FC-1) e 25% de afundamentos localizados. Foi constatado 20% de remendos, o que indica que uma ação de conservação já foi realizada no local.

A partir do perfil patológico observado na Tabela 11 e representada pelo Gráfico 2, é possível estabelecer no Tabela 14, abaixo, soluções de conservação para os principais defeitos presentes no trecho B.

**Tabela 14 - Soluções de conservação para o trecho B**

<b>Defeitos</b>	<b>Solução</b>
<b>Trincas isoladas (FC-1)</b>	Selagem com material asfáltico;
<b>Trincas interligadas (FC-2)</b>	Fresagem da região atingida seguida de preenchimento com material asfáltico.
<b>Ondulação</b>	Reperfilamento com uso de material asfáltico.
<b>Panela</b>	Remendo superficial.

Fonte: Próprio Autor, 2020.

### 6.3 Trecho C

Neste trecho, de menor extensão, foram inventariadas 8 superfícies de avaliação, estando suas manifestações patológicas apresentadas, a priori, de forma completa (não agrupando as fendas em FC-1, FC-2 e FC-3, como procede o DNIT (2003)), sob a forma de frequência absoluta unitária, em quantidades totais, e relativa, em percentagem, na Tabela 15 abaixo.

**Tabela 15 – Frequências patológicas para cada tipologia no trecho C**

	<b>FI</b>	<b>TTC</b>	<b>TTL</b>	<b>TLC</b>	<b>TLL</b>	<b>TRR</b>	<b>J</b>	<b>TB</b>	<b>JE</b>	<b>TBE</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	2	2	0	1	0	0	0	8	0	3
<b>Frequência relativa (%)</b>	25,0	25,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	37,5
	<b>ALP</b>	<b>ATP</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>EX</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>ALC</b>	<b>ATC</b>	<b>E</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	0	3	5	8	0	7	1	0	2	1

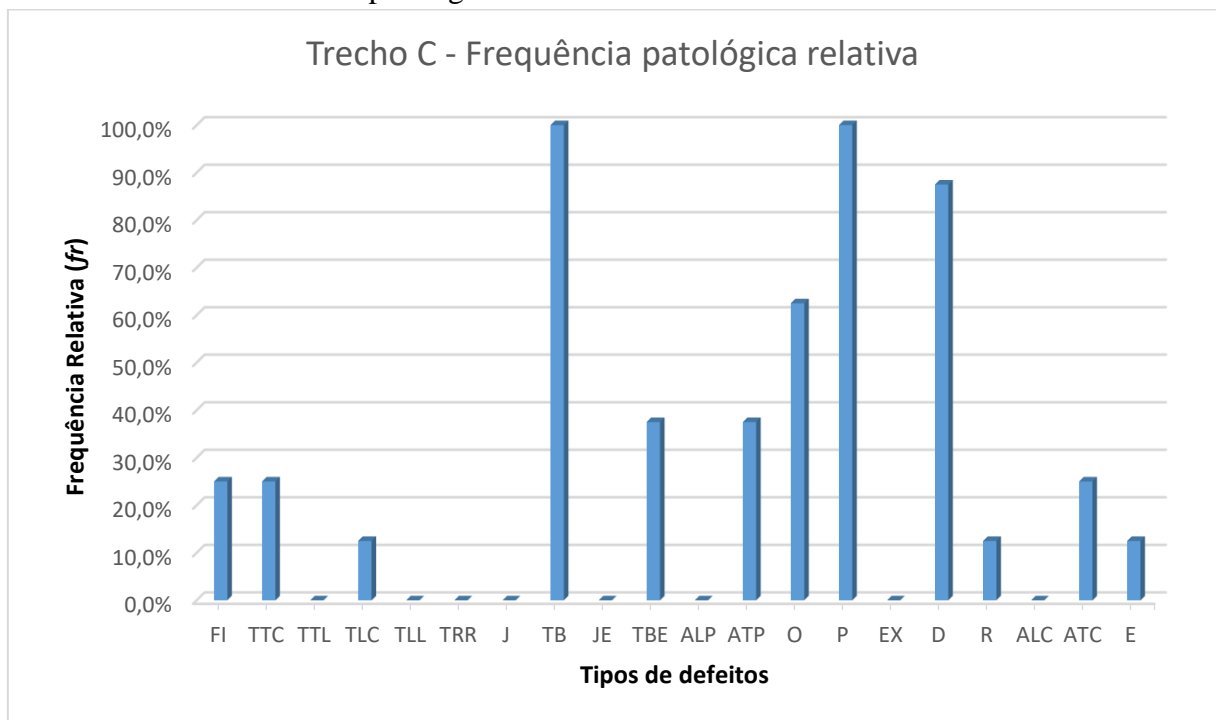
Frequência relativa (%)	0,0	37,5	62,5	100,0	0,0	87,5	12,5	0,0	25,0	12,5
-------------------------	-----	------	------	-------	-----	------	------	-----	------	------

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Em relação ao defeito de desgaste para este trecho, só foi considerada nas superfícies de avaliação em que tal patologia já se encontrava em estado avançado, mesmo que em todo o trecho foi evidenciado desgaste moderado sempre.

De posse destes dados, foi possível gerar um gráfico, destacando, lado a lado, a presença de cada defeito separadamente e sua recorrência nas 8 superfícies de avaliação, em percentagem. Tal gráfico (Gráfico 3) apresenta-se a seguir.

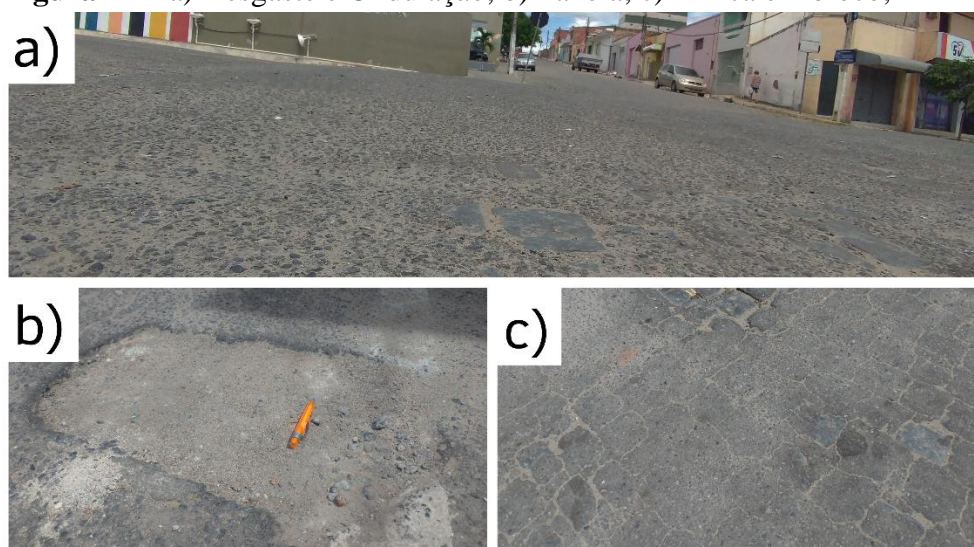
**Gráfico 3 – Predominância patológica do trecho C**



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Conforme retratado no gráfico acima, observa-se neste trecho avaliado uma predominância patológica forte das trincas em bloco e das panelas, podendo ambas serem observadas em todas as superfícies de avaliação, muitas vezes interconectadas. Seguindo destes defeitos, é possível visualizar também uma incidência de ondulações no pavimento, presente em 5 das 8 estacas, representando uma frequência relativa de 62,5%. A Figura 12, a seguir, ilustra alguns dos principais defeitos encontrados no trecho C.

**Figura 12** – a) Desgaste e Ondulação; b) Panela; c) Trinca em bloco;



Fonte: Próprio Autor, 2020.

Para efeitos de cálculo de IGG, dispôs-se da Tabela 16, a seguir, a qual segue o padrão de naturezas patológicas encontrada na norma DNIT 006/2003-PRO, apresentando as frequências absolutas gerais e as consideradas no cálculo.

**Tabela 16** - Frequências absolutas inventariadas no trecho C

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência absoluta de cálculo</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	5	0
<b>FC-2 (J e TB)</b>	8	5
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	3	3
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	5	5
<b>O, P, E</b>	14	14
<b>EX</b>	0	0
<b>D</b>	7	7
<b>R</b>	1	1
<b>Trilha de roda</b>	7	-

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Com os dados acima, utilizou-se da Equação 1 para a obtenção das frequências relativas de cálculo. Para as trilhas de rodas, foram utilizadas as Equações 2 e 3. Em sequência, foi possível, a partir da Equação 4, o cálculo dos IGI para cada natureza de defeitos, explicitado a diante, na Tabela 17.

**Tabela 17** – Frequências relativas e IGI do trecho C

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência relativa de cálculo</b>	<b>IGI</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	0,00%	0,00
<b>FC-2 (J e TB)</b>	62,50%	31,25
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	37,50%	30,00
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	62,50%	56,25
<b>O, P, E</b>	175,00%	185,00
<b>EX</b>	0,00%	0,00
<b>D</b>	87,50%	26,25
<b>R</b>	12,50%	7,50
<b>Média aritmética dos valores médios das flechas de trilhas de roda, em mm (F)</b>	1,50	2,00
<b>Média aritmética das variâncias das medidas das flechas de trilhas de roda, em mm (FV)</b>	1,25	1,25

**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Com os dados acima expostos, foi realizado o somatório dos IGI para esta amostra, obtendo para o trecho C o IGG de 326, conceituada, com isso, pela 006/2003-PRO como PÉSSIMO, bastante coerente com o testemunhado *in loco*, o qual apresenta sua camada de rolamento fortemente fadigada, podendo ser visível os paralelos que compõem sua base em quase todo o trecho.

Como pode ser analisado no Gráfico 3, o revestimento asfáltico desta travessia urbana apresenta uma combinação de defeitos bastante recorrentes ao longo de toda sua extensão. Trincas em bloco e painelas estavam presentes em 100% da amostra, apontando para uma provável causa de reflexão dessa geometria da sua base em paralelos. Seguido de desgaste, com 87,5% das superfícies de avaliação. No caso das painelas, ocasiões desta patologia apresentavam ausência, até mesmo, do rejunte dos blocos de calçamento da sua base, um agravante para a situação geral do pavimento.

A baixa incidência de trincas isoladas (FC-1) aponta para a ideia de que o revestimento asfáltico encontra-se num estágio avançado de fadiga, na qual as trincas isoladas já evoluíram para trincas do tipo FC-2 e FC-3. O que corrobora para esta hipótese são dados de frequência destas patologias, que configuram, segundo a Tabela 14, 62,5% para FC-2 e 37,5% para FC-3. A forte presença do desgaste excessivo, ostentado em 87,5% da amostra, segundo a Tabela 15, denota outra evidencia de que este material de revestimento encontra-se em seu estágio final ou próximo à fadiga.

Diante da situação encontrada no local e com base no resultado expressivo do IGG, observa-se que uma solução de conservação não solucionará com eficácia a problemática encontrada. Sendo assim, é possível estabelecer na Tabela 18, abaixo, a proposta de solução para os principais defeitos presentes no trecho C.

**Tabela 18** – Soluções de M&R para o trecho C

<b>Defeitos</b>	<b>Solução</b>
<b>Trincas interligadas (FC-2 e FC-3)</b>	Demolição do pavimento degradado seguido da execução de recapeamento asfáltico em todo o trecho.
<b>Ondulação</b>	
<b>Panela</b>	
<b>Desgaste excessivo</b>	

Fonte: Próprio Autor, 2020.

#### 6.4 Trecho D

Neste último trecho estudado foram inventariadas 22 superfícies de avaliação, estando suas manifestações patológicas expostas, primeiramente, de forma discriminada (não agrupando as fendas em FC-1, FC-2 e FC-3, como procede o DNIT (2003)), sob a forma de frequência absoluta unitária, em quantidades totais, e relativa, em percentagem, na Tabela 19 abaixo.

**Tabela 19** – Frequências patológicas para cada tipologia no trecho D

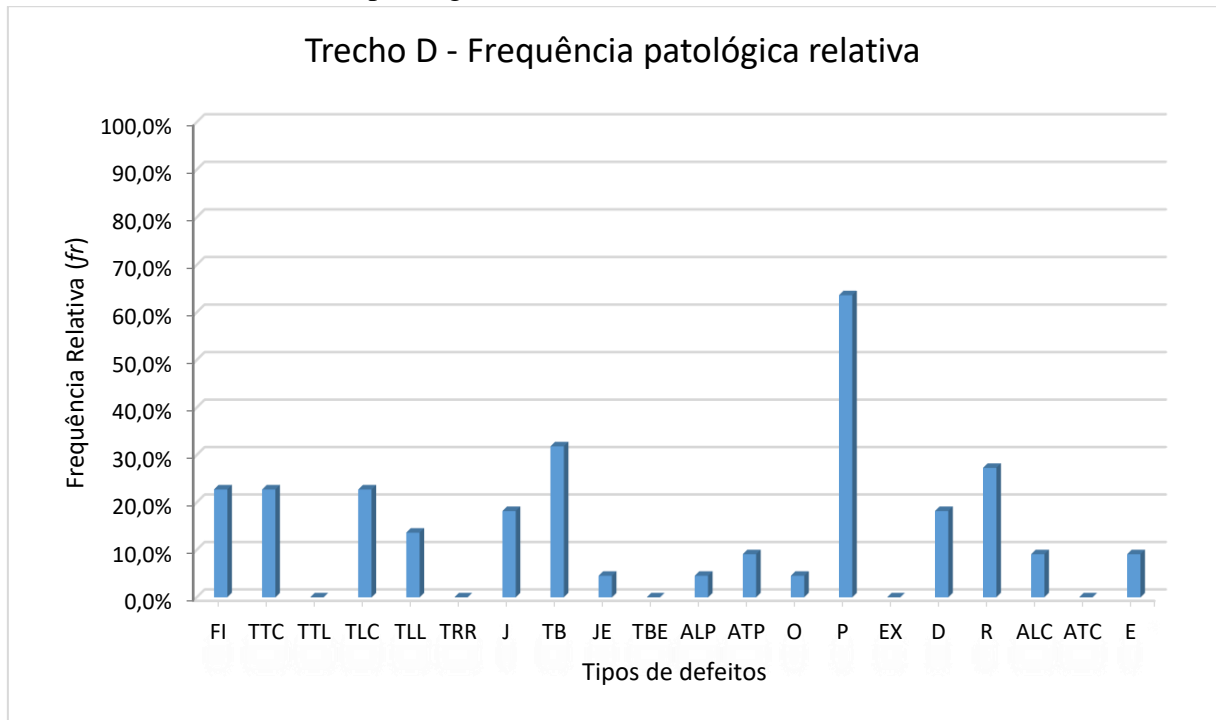
	<b>FI</b>	<b>TTC</b>	<b>TTL</b>	<b>TLC</b>	<b>TLL</b>	<b>TRR</b>	<b>J</b>	<b>TB</b>	<b>JE</b>	<b>TBE</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	5	5	0	5	3	0	4	7	1	0
<b>Frequência relativa (%)</b>	22,7	22,7	0,0	22,7	13,6	0,0	18,2	31,8	4,5	0,0
	<b>ALP</b>	<b>ATP</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>EX</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>ALC</b>	<b>ATC</b>	<b>E</b>
<b>Frequência absoluta unitária</b>	1	2	1	14	0	4	6	2	0	2
<b>Frequência relativa (%)</b>	4,5	9,1	4,5	63,6	0,0	18,2	27,3	9,1	0,0	9,1

Fonte: Próprio Autor, 2020.



De posse destes dados, foi possível gerar um gráfico, destacando, lado a lado, a presença de cada patologia separadamente e sua recorrência dentre as superfícies de avaliação, em porcentagem. Tal gráfico (Gráfico 4) apresenta-se a seguir.

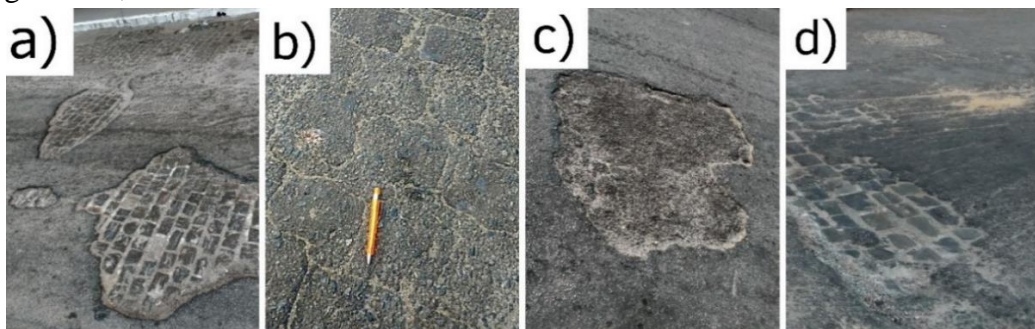
**Gráfico 4 – Predominância patológica do trecho D**



**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Diante do exposto, observa-se neste segundo trecho avaliado uma predominância patológica de panelas, ocorrendo em 14 das 22 estacas, representando 63,6% das superfícies de avaliação. Seguidamente, a ocorrência que mais foi manifestado nesta amostra foram as trincas em bloco, revelado em 7 estacas, refletindo em uma frequência relativa de 31,8%. A Figura 13, a seguir, ilustra alguns dos principais defeitos encontrados no trecho D.

**Figura 13** – a) Desgaste e panelas; b) Trinca em bloco; c) Remendo; d) Panela e Trinca longitudinal;



**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Para efeitos de cálculo de IGG, dispôs-se da Tabela 20, a seguir, a qual segue o padrão de naturezas patológicas encontrada na norma DNIT 006/2003-PRO, apresentando as frequências absolutas gerais e as consideradas no cálculo.

**Tabela 20** - Frequências absolutas inventariadas no trecho D

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência absoluta de cálculo</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	18	8
<b>FC-2 (J e TB)</b>	11	10
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	1	1
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	5	5
<b>O, P, E</b>	17	17
<b>EX</b>	0	0
<b>D</b>	4	4
<b>R</b>	6	6
<b>Trilha de roda</b>	15	-

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Com os dados acima, utilizou-se da Equação 1 para a obtenção das frequências relativas de cálculo. Para as trilhas de rodas, foram utilizadas as Equações 2 e 3. Em sequência, foi possível, a partir da Equação 4, o cálculo dos IGI para cada natureza de defeitos, explicitado a diante, na Tabela 21.

**Tabela 21**– Frequências relativas e IGI do trecho D

<b>Codificação de defeitos de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER, para efeitos de cálculo de IGG</b>	<b>Frequência relativa de cálculo</b>	<b>IGI</b>
<b>FC-1 (FI, TTC, TTL, TLL e TRR)</b>	36,36%	7,27
<b>FC-2 (J e TB)</b>	45,45%	22,73
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>	4,55%	3,64
<b>ALP, ATP, ALC, ATC</b>	22,73%	20,45
<b>O, P, E</b>	77,27%	77,27
<b>EX</b>	0,00%	0,00
<b>D</b>	18,18%	5,45
<b>R</b>	27,27%	16,36
<b>Média aritmética dos valores médios das flechas de trilhas de roda, em mm (F)</b>	1,36	1,82

<b>Média aritmética das variâncias das medidas das flechas de trilhas de roda, em mm (FV)</b>	2,26	2,26
---	------	------

Fonte: Próprio Autor, 2020.

Com os dados expostos acima, foi realizado o somatório dos IGI para esta amostra, obtendo para o trecho D o IGG de 157, conceituada, com isso, pela 006/2003-PRO como RUIIM, coerente com o que é observado por usuários *in loco*.

Como foi possível visualizar no Gráfico 4 e, de forma analítica, na Tabela 15, este trecho apresenta uma forte ocorrência de diversos tipos de trincas, sendo as mais predominantes as interligadas em bloco, com 31,8% aparecimentos na amostra. As trincas couro de jacaré, embora não tenha sido a mais recorrente neste trecho, houve uma frequência significativa tendo em vista seu grau de severidade 2, na classe das trincas. A patologia mais recorrente foi a panela, com 63,6% das superfícies de avaliação.

A partir do perfil patológico observado na Tabela 15 e representada pelo Gráfico 4, é possível estabelecer na Tabela 22, abaixo, soluções de conservação para os principais defeitos presentes no trecho D.

**Tabela 22 - Soluções de conservação para o trecho D**

<b>Defeitos</b>	<b>Solução</b>
<b>Trincas isoladas (FC-1)</b>	Selagem com material asfáltico;
<b>Trincas interligadas (FC-2)</b>	Fresagem da região atingida seguida de preenchimento com material asfáltico.
<b>Remendo</b>	Fresagem do remendo antigo e preenchimento com material asfáltico.
<b>Panela</b>	Remendo superficial.
<b>Afundamento local</b>	Reestabelecer seção transversal com material asfáltico.

Fonte: Próprio Autor, 2020.

### 6.5 Análise Geral Complementar

Como foi visto nas informações acima, o IGG para cada trecho estudado variou entre RUIIM e PÉSSIMO, como bem mostra a Tabela 23, a seguir.

**Tabela 23** – Resumo do IGG e classificação de cada trecho

	<b>Trecho A</b>	<b>Trecho B</b>	<b>Trecho C</b>	<b>Trecho D</b>
<b>IGG</b>	201	136	326	157
<b>Classificação</b>	Péssimo	Ruim	Péssimo	Ruim

**Fonte:** Próprio Autor, 2020.

Avaliando a magnitude do IGG dos trechos A e C, é notório a gravidade que este pavimento se encontra necessitando provavelmente de cuidados mais custosos. Porém é válido salientar que, mesmo sendo possível classifica-los dentro dos limites dos parâmetros da norma ( $IGG > 160$ ), percebe-se que mesmo havendo discrepância do IGG desta magnitude, suas classificações se igualam resumidamente em PÉSSIMO. Isso pode ser motivo de uma decisão de intervenção de M&R equivocada, cabendo aos gestores uma atenção redobrada nestes casos.

Ainda assim, os perfis patológicos se mostraram semelhantes para as classificações que coincidiram. A semelhança mais clara, em frequência relativa foram os Trechos A e C, que tiveram grandes incidências de trincas em bloco, ondulação, panelas, e desgaste excessivo.

## 7 CONCLUSÃO

A base bibliográfica abordada, junto aos os dados inventariados em campo por este trabalho mostram, preliminarmente, a importância de uma eficiente avaliação dos pavimentos de travessias urbanas, visto seu papel de no transporte intermunicipal e urbana local. Nesse aspecto, porém, os dados levantados mostram que, nos quatro trechos estudados, a situação do beneficiamento asfáltico executado sobre os antigos greides de paralelepípedos mostraram-se incondizentes com o fim a que foram propostos (Segurança, conforto e economia).

O trecho A apresentou um conceito funcional “Péssimo”, com sua frequência de defeitos evidenciando a fadiga do material asfáltico. Diante disso, sugere-se a demolição do asfalto seguido do recapeamento asfáltico como a solução. O trecho B manifestou uma menor frequência de defeitos, apresentando um conceito funcional “Ruim”. Perante seu perfil patológico, sugere-se, a curto prazo, intervenções de conservação.

O trecho C apresentou um conceito funcional “Péssimo”, com sua frequência de defeitos evidenciando a fadiga excessiva do material asfáltico. Diante deste cenário de fadiga do material asfáltico, neste trecho a solução sugerida foi a demolição do asfalto seguido do recapeamento asfáltico em todo o trecho. Já o trecho D apresentou um conceito funcional “Ruim”, apresentando uma frequência patológica moderada, demandando, por isso, intervenções imediatas de conservação.

A avaliação funcional objetiva proposta pelo DNIT 006/2003-PRO se mostrou satisfatória no diagnóstico quali-quantitativo dos trechos estudados, apresentando resultados que transmitem a realidade observada pelos usuários. Porém, é válida a atenção para os trechos A e C, pois esta demanda um cuidado maior por parte dos gestores de pavimentos na tomada de decisão, devido sua complexidade e percentual de defeitos.

Diante disso, para se alcançar satisfatórios resultados em gestão de pavimentos, é de suma importância uma avaliação não apenas funcional, mas também estrutural, fazendo desta pesquisa uma parcela de contribuição uma infraestrutura viária de excelência.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALMEIDA, M. B. D.; PAIVA, I. V. S. Levantamento das Patologias no Calçamento da Cidade de Ouro Preto, MG, Visando Melhorar o Seu Gerenciamento. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: ANPET, 2019. p. 1106-1114. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais/?=Comunica%C3%A7%C3%B5es%20T%C3%A9cnicas>. Acesso em: 03 ago. 2020.

ARY JUNIOR, Ivan José. **Pavimento Intertravado Como Ferramenta de Moderação do Tráfego nos Centros Comerciais de Travessias Urbanas: Estudo de Caso** Guaiúba, CE. 2007. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 557 p.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, 2010. 504 p.

BERRES, Gabriela Weimer. **Análise de execução e desempenho de revestimento asfáltico sobre vias pavimentadas com pedras irregulares**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Santa Rosa, 2018.

BRASÍLIA. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Transporte rodoviário: impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário. impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário. 2019. Disponível em: <https://cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario>. Acesso em: 14 ago. 2020.

BRASÍLIA. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do brasil não duram?**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/191>. Acesso em: 14 ago. 2020.

CRUZ, Luiz Otávio Maia. **Pavimento Intertravado de Concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003. 281 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de Metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre**. 2004. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS. ESP-DER/PB-P-09/97: PAVIMENTAÇÃO COM PARALELEPÍPEDOS. João Pessoa: DER/PB, 1997. 7 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 005/2003-TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. 12 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro>. Acesso em: 03 maio 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 006/2003-PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. 10 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro>. Acesso em: 03 maio 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. IPR-700: glossário de termos técnicos rodoviários. 2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2017. 324 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais>. Acesso em: 30 jun. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. CONTEÚDO 02: Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro: DNIT, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 28 maio 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. CONTEÚDO 08: Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro: DNIT, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 28 maio 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. IPR-719: manual de pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 274 p. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf). Acesso em: 01 jun. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. IPR-741: manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. 280 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais>. Acesso em: 30 jun. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 145/2012-ES: Pavimentação - Pintura de ligação com ligante asfáltico - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2012. 7 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es>. Acesso em: 05 jul. 2020.

DIAS, João Fernando; **Avaliação de Resíduos da Fabricação de Telhas Cerâmicas Para Seu Emprego em Camada de Pavimento de Baixo Custo**. 2004. 251 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MEGIER, M. B.; HAMMARSTRON, J. R.; QUEVEDO, B. M.; PALMEIRA, R. D.; FINCKLER, B. F. **Análise Comparativa de Pavimento Asfáltico, Pavimento em Alvenaria Polidédrica e Pavimento Intertravado em Bloco de Concreto**. In: XXVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26., 2018, Rio Grande do Sul. Anais [...]. Rio Grande do Sul: UNIJUÍ, 2018. p. 1-5. Disponível em:

<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/10063>. Acesso em: 01 ago. 2020.

PARTEZANI RODRIGUES, G. Desenhando vias públicas: reflexões sobre o espaço urbano. **arq.urb**, n. 5, p. 37-54, 16 dez. 2019.

PELLENZ, Elbio. Paralelepípedos e Alvenaria Poliédrica: manual de utilização. Paraná: Mineropar, 1983. 89 p.

SALES, R. S.; MAGALHÃES, L. M.; NOBRE, G. A. R. Análise de Correlação Entre Defeitos Estruturais e Funcionais em Rodovias Brasileiras em Revestimentos de CAUQ. In: Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transporte da ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: ANPET, 2019. p. 1444-1452. Disponível em: [http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avaliao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20VI/1\\_547\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avaliao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20VI/1_547_AC.pdf). Acesso em: 17 jul. 2020.

SALVIATTO, V. H.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; FONTENELE, H. B. Avaliação da Condição de Pavimentos Flexíveis Urbanos Baseada no Conforto, Defeitos e Volume de Tráfego. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 33º, 2019, Balneário Camboriú-Sc. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: ANPET, 2019. p. 1377-1388. Disponível em: [http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avaliao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20IV/7\\_170\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avaliao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20IV/7_170_AC.pdf). Acesso em: 01 dez. 2020.

SANT'ANA, Walter Canales. **Contribuição ao Estudo de Solo-emulsão em Pavimentos de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego Para o Estado do Maranhão**. 2009. 341 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de técnicas de pavimentação. 2. ed. São Paulo: PINI, 2008.

SILVA, Mariana Lisboa da. **Avaliação Funcional Objetiva de Pavimento Flexível: Um Estudo de Caso da Avenida Getúlio Vargas em São Luís-MA**. 2017. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

TORRES, T. B.; RIBEIRO, J. L. D.; NODARI, C. T. FATORES INFLUENTES NA SEGURANÇA VIÁRIA DE MOTOCICLISTAS: uma abordagem qualitativa com apoio de realidade virtual. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: ANPET, 2019. p. 3500-3511. Disponível em: [http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Tr%20e%20Urbano%20e%20Rodovi%20e%20Seguran%20e%20Vi%20ria/4\\_628\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Tr%20e%20Urbano%20e%20Rodovi%20e%20Seguran%20e%20Vi%20ria/4_628_AC.pdf). Acesso em: 24 jul. 2020.

VASCONCELOS, I. R., NOBREGA, A. K. **Análise objetiva do pavimento – Estudo de caso na rodovia estadual RN-023 ocasionados pelo tempo e falta de manutenção**. 2018. 10 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Rio Grande do Norte, 2018.



WIEBBELLING, Paula Orvana Guimarães. **Pavimento com Blocos Intertravados de Concreto**: Estudo de Caso na UNIVATES. 2015. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UNIVATES, Lajedo, 2015.



## ANEXO B - PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG (NORMATIVO)

DNIT 006/2003-PRO

8

## Anexo C (normativo)

## Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:		Folha:		
TRECHO:		SUB-TRECHO:						Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro		
		REVESTIMENTO TIPO:						Índice de gravidade Individual		Observações		
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação							
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2							
2	(FC - 2) J, TB				0,5							
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8							
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9							
5	O, P, E				1,0							
6	EX				0,5							
7	D				0,3							
8	R				0,6							
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )							
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV =	TRIV =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )							
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG								Conceito	
1A) IGI = $\bar{F}$ x 4/3 quando $\bar{F} \leq 30$		2A) IGI = $\bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$								Operador		
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$		2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$								Cálculo		
										Visto		

/Anexo D

## ANEXO C – INVENTÁRIOS DE AVALIAÇÃO DE SUPERFÍCIE PREENCHIDOS

TRECHO A – PB-105 (Travessia Urbana de Remígio/PB)																							
Estaca	Seção Terrapl. (ver obs.)	OK	FC-1					FC-2		FC-3		ALP	ATP	O	P	EX	D	R	ATC	ALC	E	Flexas	
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE											TBE	T.R.I.
0										X				X	X				X		0	1	
1				X						X							X				2	3	
2			X	X						X						X					0	4	
3										X	X			X	X	X					0	3	
4										X	X			X	X	X		X		X	1	4	
5										X										X	0	1	
6				X						X							X				0	0	
7														X		X			X		0	0	
8										X											1	2	
9										X			X		X						0	0	
10										X	X								X		2	3	
11				X							X			X							0	0	
12				X				X	X										X		0	2	
13				X							X						X			X	0	0	
14										X						X			X		0	1	
15				X	X					X				X		X			X		0	1	
16								X					X		X						1	3	
17										X				X				X			4	1	
18				X						X						X				X	2	2	
19			X							X	X					X					5	0	
20								X	X					X		X				X	3	0	
21											X					X			X		5	3	
22			X								X					X					2	1	
23					X					X				X	X						0	3	

24		X																			0	0
----	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

TRECHO B – PB-105 (Travessia Urbana de Remígio/PB)																							
Estaca	Seção Terrapl. (ver obs.)	OK	FC-1					FC-2		FC-3		ALP	ATP	O	P	EX	D	R	ALC	ATC	E	Flexas	
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE											TBE	T.R.I.
0							X		X					X							1	1	
1								X						X							1	1	
2			X	X								X	X			X					0	0	
3													X								3	0	
4			X					X									X				1	1	
5							X						X	X				X			0	0	
6							X		X												1	2	
7			X				X										X				2	2	
8			X								X										5	4	
9											X										1	1	
10		X																			0	0	
11			X										X								1	1	
12													X	X		X	X				3	3	
13							X						X								1	1	
14						X							X								4	2	
15														X					X		4	1	
16		X																			0	0	
17							X						X	X			X				1	3	
18			X							X											1	1	
19								X								X					1	2	

TRECHO C – PB-105 (Travessia Urbana de Remígio/PB)																							
Estaca	Seção Terrapl. (ver obs.)	OK	FC-1					FC-2		FC-3		ALP	ATP	O	P	EX	D	R	ATC	ALC	E	Flexas	
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE											TBE	T.R.I.
0												X		X		X					1	1	
1				X								X		X		X					2	4	
2			X	X									X	X		X					0	1	
3													X	X		X			X		3	1	
4												X	X	X		X	X				0	0	
5				X									X			X				X	1	2	
6														X							1	1	
7			X										X	X		X			X		3	3	

