

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT

ENGENHARIA CIVIL

EVERTON VIANA

**PATOLOGIAS NO REVESTIMENTO ASFÁLTICO E SUA RESTAURAÇÃO –
ESTUDO DE CASO DO ACESSO ESTADUAL AE-280B**

JOINVILLE

2014

EVERTON VIANA

PATOLOGIAS NO REVESTIMENTO ASFÁLTICO E SUA RESTAURAÇÃO –
ESTUDO DE CASO DO ACESSO ESTADUAL AE-280B

Trabalho de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Claudia Celene Zago.

JOINVILLE

2014

EVERTON VIANA

**PATOLOGIAS NO REVESTIMENTO ASFÁLTICO E SUA RESTAURAÇÃO –
ESTUDO DE CASO DO ACESSO ESTADUAL AE-280B**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada em 13 de Junho de 2014.

Banca Examinadora:



Prof. Eng. Claudia Celene Zago
Orientadora (Universidade do Estado de Santa Catarina)



Prof. Eng. Edson Rocha Nery
Membro (Universidade do Estado de Santa Catarina)



Eng. Glauciano Neckel
Membro (Azimute Engenheiros Consultores SC Ltda.)

Joinville, 13 de Junho de 2014

RESUMO

As rodovias no Brasil são o principal meio de escoamento da produção nacional, sendo que o estado geral das rodovias piorou de 2012 para 2013 (CNT, 2013). Com o tráfego intenso sobre as rodovias, seu tempo de vida e as intempéries que as mesmas estão sujeitas, acabam gerando patologias, que aliadas a falta de manutenção e ao mau dimensionamento acarretam aumento de acidentes, custo de transporte e desconforto ao usuário. Diante do exposto, este trabalho objetivou: identificar e analisar as patologias existentes em pavimentos flexíveis; apresentar possíveis recuperações para que se possa intervir antes que o pavimento seja danificado totalmente e acabe com sua vida útil; levantar patologias do acesso estadual AE-280B e apresentar a solução de restauração devido às manifestações patológicas encontradas. Para identificar os tipos de patologias existentes no pavimento asfáltico foram realizadas pesquisas bibliográficas, do mesmo modo foram buscadas as possíveis recuperações existentes e recomendadas para cada situação encontrada no revestimento. Também foi realizada a análise do levantamento das patologias ou inventário do pavimento da rodovia AE-280B, localizada na cidade de São Bento do Sul, estado de Santa Catarina. Este estudo abordou todas as patologias existentes, de modo a verificar qual a solução mais adequada para o trecho em estudo. Com os resultados do inventário chegou-se a conclusão que a restauração mais adequada seria a aplicação de uma camada de reforço. O cálculo do reforço foi realizado segundo duas normas, a DNER-011 (1979) e a DNER-269 (1994).

Palavras-chave: Patologias asfálticas. Restauração. Restauração de pavimentos. Patologias e restaurações. Pavimentos flexíveis.

ABSTRACT

The highways in Brazil are the main device of outflow of the national production, as the general condition of the roads worsened from 2012 to 2013 (CNT, 2013). With the intense traffic on the highways, their lifetime and weather that they are subject , creating pathologies, that combined with lack of maintenance and poor design can cause an increase in accidents , transportation cost and discomfort to the user. Given the above, this study aimed to: identify and analyze existing pathologies in flexible paving; present possible recoveries so that it's possible to intervene before the paving is completely damaged and in the end its lifetime; collect data of pathologies of AE - 280B state access and present the solution of restoration due to pathological changes found. To identify the types of pathologies existing in asphalt paving, bibliographic researches were conducted in the same way that possible existing and recommended recoveries for each situation encountered in the coating have been searched. The analysis of the survey of pathologies or inventory of paving AE - 280B state access, located in São Bento do Sul, state of Santa Catarina was also performed. This study discussed all existing pathologies, in order to verify the most appropriate solution to the path in study. The results of the inventory concluded that the most appropriate restoration would be to apply a layer of reinforcement. The reinforcement calculation was performed according to two rules, the DNER-011 (1979) and the DNER-269 (1994).

Key words: Asphalt pathology. Restoration. Restoration of paving. Pathologies and restoration. Flexible paving.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Extensões das malhas viárias de acordo com a superfície | 12 |
| Tabela 2 - Defeitos codificação | 40 |
| Tabela 3 - Formulário de inventário | 41 |
| Tabela 4 - Conceitos de degradação em função do IGG | 42 |
| Tabela 5 - Cálculo do IGG | 43 |
| Tabela 6 - Fator de ponderação | 45 |
| Tabela 7 - Fatores de correção sazonal..... | 51 |
| Tabela 8 - Níveis de serventia | 55 |
| Tabela 9 - Constante z | 57 |
| Tabela 10 - Fator de equivalência de carga segundo AASHTO..... | 64 |
| Tabela 11 - Fator de equivalência de carga segundo a USACE..... | 64 |
| Tabela 12 - Fator de Pista..... | 65 |
| Tabela 13 - Critérios para avaliação estrutural | 66 |
| Tabela 14 - Coeficiente estrutural equivalente do material..... | 68 |
| Tabela 15 - Grupo de solos..... | 69 |
| Tabela 16 - Extensões dos subtrechos | 75 |
| Tabela 17 - Flechas subtrecho 01 | 78 |
| Tabela 18 - Média das flechas subtrecho 01..... | 79 |
| Tabela 19 - Cálculo do IGG subtrecho 01 | 79 |
| Tabela 20 - Leituras de deflexão lado direito do subtrecho 01 | 80 |
| Tabela 21 - Leituras de deflexão lado esquerdo do subtrecho 01 | 81 |
| Tabela 22 - Deflexão característica do subtrecho 01 | 81 |
| Tabela 23 - Leituras da Irregularidade Longitudinal do subtrecho 01 | 82 |
| Tabela 24 - Irregularidade característica do subtrecho 01 | 82 |
| Tabela 25 - Flechas segmento homogêneo 02..... | 83 |
| Tabela 26 - Média das flechas do segmento 02..... | 83 |
| Tabela 27 - Cálculo do IGG no subtrecho 02..... | 84 |
| Tabela 28 – Deflexões do lado direito no subtrecho 02 | 85 |
| Tabela 29 - Deflexões lado esquerdo so subtrecho 02 | 86 |
| Tabela 30 - Deflexão característica subtrecho 02..... | 86 |
| Tabela 31 - Leituras de Irregularidade longitudinal do segmento 02..... | 87 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 32 - Irregularidade característica do subtrecho 02..... | 87 |
| Tabela 33 - Leituras das flechas do subtrecho 03..... | 88 |
| Tabela 34 - Média das flechas do subtrecho 03..... | 88 |
| Tabela 35 - Cálculo do IGG do subtrecho 03..... | 89 |
| Tabela 36 - Leituras das deflexões do lado direito do subtrecho 03..... | 90 |
| Tabela 37 - Leituras das deflexões do lado esquerdo do subtrecho 03..... | 91 |
| Tabela 38 - Deflexão característica do subtrecho 03..... | 91 |
| Tabela 39 - Irregularidade longitudinal do subtrecho 03..... | 92 |
| Tabela 40 - Irregularidade característica do subtrecho 03..... | 92 |
| Tabela 41 - Leituras das flechas so subtrecho 04..... | 93 |
| Tabela 42 - Média das flechas do subtrecho 04..... | 93 |
| Tabela 43 - Cálculo do subtrecho 04..... | 94 |
| Tabela 44 - Deflexões no lado direito do subtrecho 04..... | 94 |
| Tabela 45 - Deflexões no lado esquerdo do subtrecho 04..... | 95 |
| Tabela 46 - Deflexão característica do subtrecho 04..... | 95 |
| Tabela 47 - Irregularidades Longitudinais do subtrecho 04..... | 95 |
| Tabela 48 - Irregularidade longitudinal característica do subtrecho 04..... | 96 |
| Tabela 49 - Leituras das flechas do subtrecho 05..... | 97 |
| Tabela 50 - Médias das flechas do subtrecho 05..... | 98 |
| Tabela 51 - Cálculo do IGG do subtrecho 05..... | 98 |
| Tabela 52 - Deflexões no lado direito so subtrecho 05..... | 99 |
| Tabela 53 - Deflexões no lado esquerdo do subtrecho 05..... | 100 |
| Tabela 54 - Deflexão característica do subtrecho 05..... | 101 |
| Tabela 55 - Irregularidade longitudinal do subtrecho 05..... | 101 |
| Tabela 56 - Cálculo da Irregularidade característica do subtrecho 05..... | 101 |
| Tabela 57 - Classificação do acesso quanto ao IGG..... | 102 |
| Tabela 58 - Avaliação das camadas do pavimento dos subtrechos homogêneos..... | 102 |
| Tabela 59 - Resumo das contagens no posto P1..... | 105 |
| Tabela 60 - Resumo da contagem no posto A2..... | 106 |
| Tabela 61 - Fator de correção diária fornecida pelo DNIT..... | 107 |
| Tabela 62 - Fator de correção mensal fornecida pelo DNIT..... | 108 |
| Tabela 63 - Cálculo do VMDA..... | 108 |
| Tabela 64 - Taxas de crescimento anuais de tráfego..... | 109 |
| Tabela 65 - Projeção do tráfego..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 66 - Cálculo do número N | 111 |
| Tabela 67 - Resumo da análise do pavimento | 112 |
| Tabela 68 - Medidas corretivas | 113 |
| Tabela 69 - Cálculo do reforço DNER 011 | 113 |
| Tabela 70 - Cálculo do reforço DNER 269 | 114 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Situação da malha viária nacional por superfície | 12 |
| Figura 2 - Pavimento romano típico em via consular..... | 16 |
| Figura 3 - Distribuição das ações no pavimento rígido | 18 |
| Figura 4 - Distribuição das ações no pavimento flexível | 19 |
| Figura 5 - Camadas do pavimento..... | 20 |
| Figura 6 - Camadas pavimentos asfálticos | 21 |
| Figura 7 - Ensaio CBR | 22 |
| Figura 8 - Equipamento triaxial de cargas repetidas | 23 |
| Figura 9 - Desempenho do pavimento..... | 25 |
| Figura 10 - Trinca longitudinal curta..... | 27 |
| Figura 11 - Trinca longitudinal longa..... | 28 |
| Figura 12 - Trinca de retração | 28 |
| Figura 13 - Trinca tipo "couro de jacaré" | 29 |
| Figura 14 - Trinca tipo bloco..... | 29 |
| Figura 15 - Afundamento do pavimento..... | 30 |
| Figura 16 - Afundamento plástico | 31 |
| Figura 17 - Afundamento por consolidação | 31 |
| Figura 18 - Corrugação na pista | 32 |
| Figura 19 - Escorregamento | 32 |
| Figura 20 - Exsudação | 33 |
| Figura 21 - Desgaste do pavimento | 33 |
| Figura 22 - Painela..... | 34 |
| Figura 23 - Remendo | 34 |
| Figura 24 - Localização das superfícies de avaliação..... | 37 |
| Figura 25 - Treliça metálica para afundamentos em trilhas de roda. | 38 |
| Figura 26 - Medição de flechas | 39 |
| Figura 27 - Exemplos de avaliação estrutural destrutiva..... | 47 |
| Figura 28 - Exemplo de avaliação semi-destrutiva | 47 |
| Figura 29 - Modelo de medição viga Benkelman | 49 |
| Figura 30 - Procedimento de medição com viga Benkelman..... | 49 |
| Figura 31 - Falling weight deflectometer | 50 |

| | |
|--|-----|
| Figura 32 - Classificação de veículos adotada pelo DNER..... | 60 |
| Figura 33 - Fator Climático | 63 |
| Figura 34 - Estrutura de referência | 69 |
| Figura 35 - Área inventariada..... | 73 |
| Figura 36 - Divisão dos subtrechos homogêneos | 74 |
| Figura 37 - Seção tipo do pavimento..... | 76 |
| Figura 38 - Localização dos postos de contagem | 104 |
| Figura 39 - Fluxo de tráfego no posto P1 | 104 |
| Figura 40 - Fluxo de tráfego no posto A2 | 105 |
| Figura 41 - Posto de contagem sistemática P008 do DNIT..... | 107 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | CONSIDERAÇÕES..... | 12 |
| 1.2 | OBJETIVO..... | 13 |
| 1.2.1 | Objetivo geral..... | 13 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos..... | 13 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 13 |
| 2 | REVISÃO..... | 15 |
| 2.1 | PAVIMENTOS FLEXÍVEIS | 15 |
| 2.1.1 | Histórico | 15 |
| 2.1.2 | Generalidades | 16 |
| 2.1.3 | Classificação dos pavimentos..... | 17 |
| 2.1.4 | Camadas dos pavimentos asfálticos | 19 |
| 2.2 | DETERIORAÇÃO DOS PAVIMENTOS | 23 |
| 2.3 | AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO | 36 |
| 2.3.1 | Avaliação superficial..... | 37 |
| 2.3.2 | Avaliação estrutural..... | 46 |
| 2.3.3 | Avaliação da serventia..... | 53 |
| 2.3.4 | Irregularidade Longitudinal..... | 55 |
| 2.4 | TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO..... | 57 |
| 2.5 | DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO DO PAVIMENTO..... | 59 |
| 2.5.1 | Análise do Tráfego | 59 |
| 2.5.2 | Metodologias de Dimensionamento | 65 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 72 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 76 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.1 | SUBTRECHO HOMOGÊNEO 01..... | 77 |
| 4.2 | SUBTRECHO HOMOGÊNEO 02..... | 82 |
| 4.3 | SUBTRECHO HOMOGÊNEO 03..... | 87 |
| 4.4 | SUBTRECHO HOMOGÊNEO 04..... | 92 |
| 4.5 | SUBTRECHO HOMOGÊNEO 05..... | 96 |
| 4.6 | RESUMO DO INVENTÁRIO DO PAVIMENTO..... | 102 |
| 4.7 | ESTUDO DE TRÁFEGO..... | 103 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 115 |
| | REFERÊNCIAS | 117 |
| | APÊNDICE A | 120 |
| | APÊNDICE B..... | 122 |
| | APÊNDICE C | 125 |
| | APÊNDICE D | 127 |
| | APÊNDICE E..... | 129 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES

A malha rodoviária brasileira possui cerca de 1,7 milhões de quilômetros de extensão, entre elas as pavimentadas e não pavimentadas segundo CNT (2013).

A Figura 1 retrata a situação da malha rodoviária no Brasil de acordo com sua superfície e a Tabela 1 mostra a distribuição dessa malha na sua extensão.

Figura 1 - Situação da malha viária nacional por superfície



Fonte: DNIT (2011)

Tabela 1 - Extensões das malhas viárias de acordo com a superfície

| Superfície | Porcentagem | Extensão (km) |
|-----------------|-------------|---------------|
| Pavimentada | 12,5% | 214.413,5 |
| Não Pavimentada | 79,8% | 1.366.578,2 |
| Planejada | 7,7% | 131.525,6 |
| Total | 100,0% | 1.712.517,3 |

Fonte: DNIT (2011)

O estado geral das rodovias brasileiras, piorou de 2012 para 2013. De acordo com a CNT (2013) 63,8% da extensão avaliada apresenta alguma deficiência no pavimento, na sinalização ou na geometria da via. Em 2012, o índice havia sido de 62,7%. Os pontos críticos, ou seja, os pontos que trazem graves riscos à segurança dos usuários, como erosões na pista, buracos grandes, quedas de barreiras ou pontes caídas aumentaram de 221 para 250.

As rodovias, devido ao seu uso, sua idade, condições estruturais e intempéries acabam se desgastando e apresentando problemas, ou seja, patologias, que com a falta de manutenção adequada ou o seu dimensionamento incorreto, afetam o tráfego nas rodovias, diminuindo a velocidade de tráfego, ou seja, ocasionando acidentes e aumentando o custo do transporte, a insegurança e o desconforto dos usuários.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é identificar e classificar as manifestações patológicas em pavimentos flexíveis, bem como suas possíveis recuperações e fazer um estudo de caso no acesso estadual AE-280B.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar e analisar as patologias existentes em pavimentos flexíveis;
- Apresentar possíveis recuperações para que se possa intervir antes que o pavimento seja danificado totalmente e acabe com sua vida útil;
- Levantar as patologias do acesso estadual AE-280B;
- Apresentar a solução devido às manifestações patológicas do acesso estadual AE-280B.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido ao crescimento e desenvolvimento socioeconômico do país, a pavimentação das malhas viárias é de suma importância para dar condições de tráfego adequadas e proporcionais ao crescimento.

As malhas viárias nacionais apresentam diversas patologias, que necessitam de uma avaliação e restauração para que os custos de manutenção diminuam e sua vida útil aumente, dando qualidade para quem usufrui deste modo de locomoção, seja ele a passeio ou transporte de mercadorias.

O trabalho se torna mais relevante pelo estado das rodovias na região norte de Santa Catarina, pois é uma região extremamente industrial, que possui grandes empresas, que escoam seus produtos pelas malhas viárias, além do alto índice pluviométrico e a ocorrência de altas temperaturas. Assim, para dar condições de tráfego, qualidade e conforto aos usuários, diminuir os desgastes dos veículos e o número de acidentes é necessário que a restauração do pavimento ocorra no início das manifestações patológicas.

Todo pavimento possui um ciclo de vida, sendo que durante este ciclo de vida na maioria das vezes não é realizada nenhuma restauração ou melhoria na via, causando assim anomalias no pavimento, onde estas anomalias vão progredindo, ao ponto de sua reabilitação ficar tecnicamente inviável por apresentar pequena sobrevida aos segmentos tratados.

2 REVISÃO

2.1 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

2.1.1 Histórico

“Pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente, a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; resistir aos esforços horizontais (desgastes), tornando mais durável a superfície de rolamento” (SENÇO, 1997).

De acordo com Bernucci, *et al.* (2006), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construídas sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Construir vias de transporte é uma preocupação e atividade de remotas civilizações, geradas por razões de ordem econômica, de integração regional e de cunho militar, a pavimentação das vias na Antiguidade, tornou-se atividade essencial para a adequação e preservação dos caminhos mais estratégicos (BALBO, 2007).

Uma das mais antigas estradas pavimentadas implantadas não se destinou a veículos com rodas, mas a trenós para o transporte de cargas (BERNUCCI, *et al.*, 2006).

Os egípcios estavam entre os primeiros povos a dar aos caminhos abertos uma verdadeira forma de via, construindo drenos laterais e executando a pavimentação mesmo que primariamente (BALBO, 2007).

Embora os egípcios tenham construído estradas há mais de 5 mil anos, com pavimento de pedras, para facilitar o transporte de grandes blocos de pedra, destinados à construção da pirâmide de Quéops, porém foram os romanos, que atingiram alto nível de desenvolvimento nesse campo conforme mostra a Figura 2 (SENÇO, 2008).

Figura 2 - Pavimento romano típico em via consular



Fonte: BALBO (2007)

Na evolução das estradas de rodagem, dois princípios determinaram o estágio alcançado nos dias de hoje segundo Senço (2008):

- A necessidade de deslocamentos periódicos entre dois pontos, o que requisitava a construção de caminhos ou estradas;
- A necessidade de que esses caminhos ou estradas dessem passagem o ano inteiro, gerando a necessidade de revestir e, mais tarde, pavimentar o leito carroçável.

2.1.2 Generalidades

Balbo (2007) descreve que pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que, antes de tudo proporciona a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada) e uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais).

O objetivo principal da pavimentação é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, e proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança. Uma vez que o solo natural não é suficientemente resistente para suportar a repetição de cargas de roda sem sofrer deformações significativas, torna-se necessária a construção de

uma estrutura, denominada pavimento, que é construída sobre o subleito para suportar as cargas dos veículos de forma a distribuir as solicitações às suas diversas camadas e ao subleito de acordo com Croney (1977 *apud* BERNUCCI, *et al.*, 2006)), limitando as tensões e as deformações de forma a garantir um desempenho adequado da via, por um longo período de tempo.

O Brasil apresenta uma defasagem negativa, entre 40 e 45%, na sua pavimentação, em relação à média mundial e ao percentual da malha viária dos EUA. Mas não significa isso que devemos pavimentar uma rodovia sem avaliar sua estrutura e esperar que os contrastes regionais estejam resolvidos (OLIVEIRA, *et al.*, 2012, p.48).

Ao se dar condição para uma via de melhor qualidade de rolamento, automaticamente proporciona-se aos usuários uma expressiva redução nos custos operacionais, haja vista que os custos de operação e de manutenção dos veículos estão associados às condições de superfície dos pavimentos (BALBO, 2007).

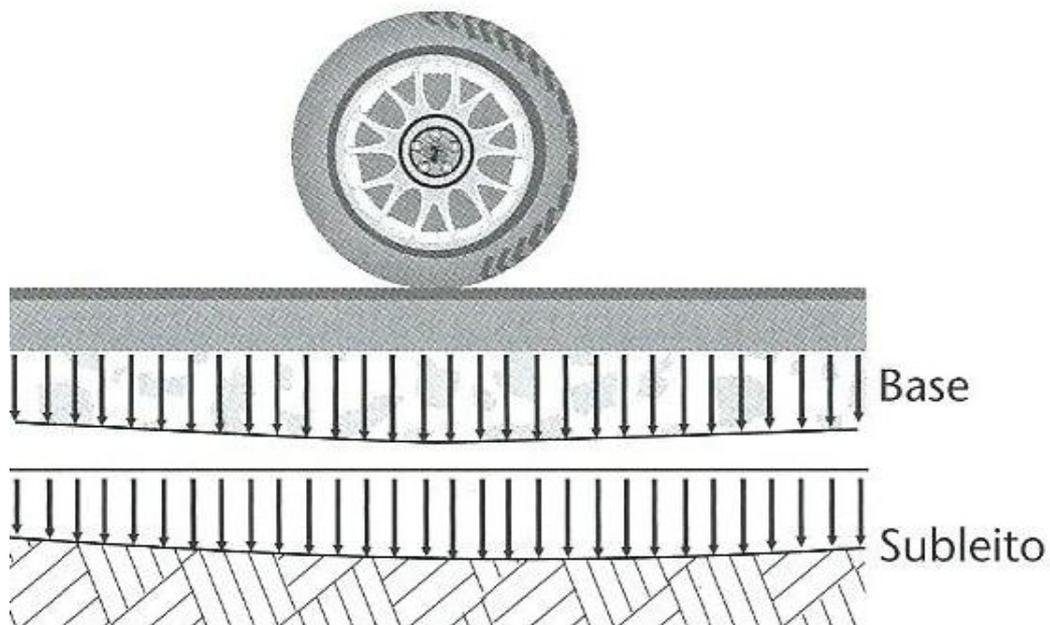
2.1.3 Classificação dos pavimentos

Segundo Senço (1997), sendo o pavimento uma estrutura constituída de diversas camadas, encontramos sérias dificuldades para achar um termo que possa definir toda a estrutura. De uma forma geral, os pavimentos poderiam ser classificados em:

- Pavimentos rígidos;
- Pavimentos flexíveis.

“Pavimentos rígidos são aqueles poucos deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento. Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações” (SENÇO, 1997).

Em um pavimento rígido segundo Balbo (2007), verifica-se um campo de tensões bem mais disperso, com os efeitos da carga distribuídos de maneira semelhante em toda a dimensão da placa conforme a Figura 3, o que proporciona menores magnitudes de esforços verticais, ou seja, pressões sobre o subleito.

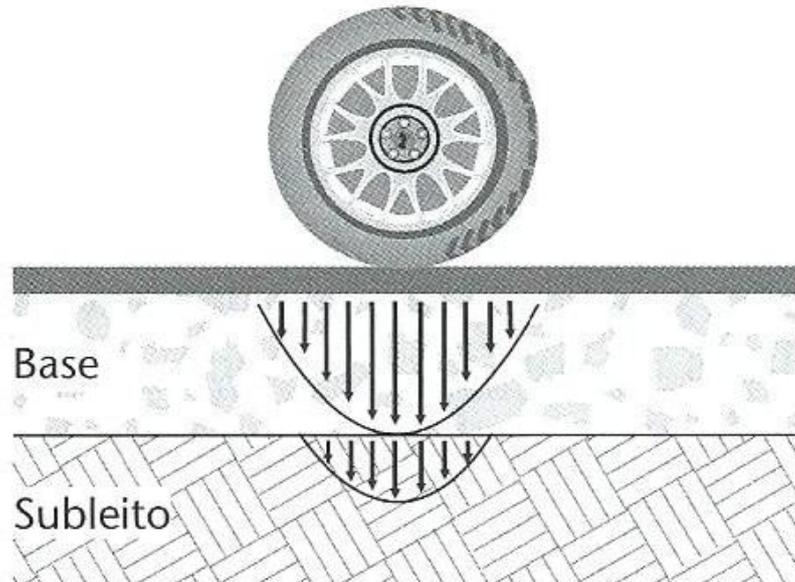
Figura 3 - Distribuição das ações no pavimento rígido

Fonte: BALBO (2007)

“Pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é constituído por ligantes betuminosos. O pavimento é constituído de três partes principais: sub-base, base e revestimento. Estas partes repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada, terminada após a conclusão dos cortes e aterros. Algumas vezes usa-se uma camada de reforço, situada entre o subleito e a sub-base. Esta tem CBR < 20 e maior que o subleito” (BAPTISTA, 1974).

Segundo Baptista (1974), as tensões em pavimentos flexíveis, quando há uma carga atuante se dá de uma forma mais concentrada do que nos pavimento rígidos, atingindo camadas mais inferiores no solo, próximas ao ponto de aplicação dessa carga, conforme Figura 4.

Figura 4 - Distribuição das ações no pavimento flexível



Fonte: BALBO (2007)

Já o DNIT (2006d) divide os pavimentos em flexíveis, semi-rígidos e rígidos, onde são:

- Flexível: Aquele que todas as camadas sofrem deformações elásticas sob o carregamento aplicado, ou seja, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalente entre camadas.
- Semi-rígido: Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias.
- Rígidos: Aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação a camadas inferiores, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

2.1.4 Camadas dos pavimentos asfálticos

Estrutura de um solo é o termo que se usa para designar a situação de arranjo das partículas no interior da massa (SENÇO, 1997).

Segundo Balbo (2007), subleito é constituído de material natural e compactado, por exemplo, nos cortes do corpo estradal, ou por um material transportado e compactado, no caso dos aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte de quando o subleito não apresentar boas características.

“Sub-base é a camada complementar à base, com as mesmas funções desta, executada quando por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura da base” (GOMEZ, *et al.*, 2005).

De acordo com Baptista (1974) sub-base é a camada imediatamente acima do subleito, utilizada como camada corretiva deste, sendo constituída de uma mistura de materiais (barro e areia) ou de um material do grupo A1, A2, A3, ou seja, materiais que apresentam o índice de grupo igual a zero. Tem por função resistir às cargas transmitidas pela base, servir de camada drenante e controlar a ascensão capilar de água. Devem apresentar um “*California Bearing Ratio*” (CBR) ≥ 20 , onde este índice se trata de um índice de dimensionamento da estrutura do pavimento.

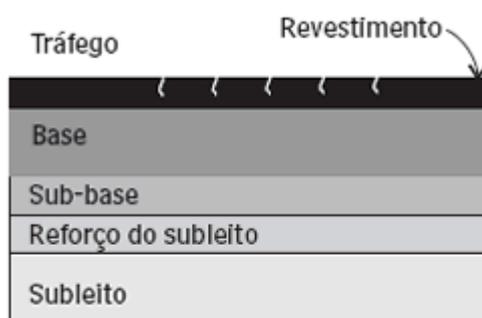
“Base é a camada destinada a resistir às ações dos veículos e a transmiti-las, de forma conveniente, ao sub-leito” (GOMEZ, *et al.*, 2005).

Conforme Baptista (1974), base é a camada acima da sub-base, constituída de materiais estabilizados granulometricamente ou por meio de aditivos, bases negras, bases de macadame hidráulico, etc., destinada a resistir e distribuir os esforços verticais provenientes dos veículos, repartindo estes esforços uniformemente à sub-base, reforço e subleito.

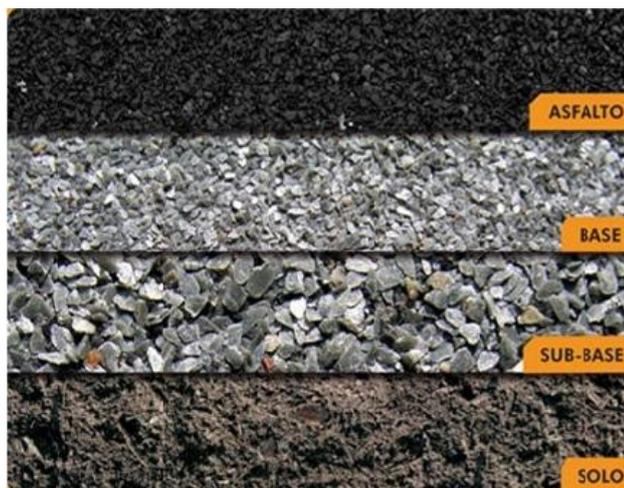
“Revestimento é a camada destinada a resistir diretamente às ações do tráfego, a impermeabilizar o pavimento, a melhorar as condições de rolamento, no que se refere ao conforto e à segurança, e a transmitir, de forma atenuada, as ações do tráfego às camadas inferiores” (GOMEZ, *et al.*, 2005).

Estas camadas do pavimento flexível podem ser vistas nas Figura 5 e Figura 6 conforme Gouveia (2012).

Figura 5 - Camadas do pavimento



Fonte : Gouveia (2012)

Figura 6 - Camadas pavimentos asfálticos

Fonte: Dimitrius (2013)

“Entre muitas das camadas de pavimento mencionadas, faz-se necessária a execução de um filme asfáltico, que será denominado “pintura de ligação” (com função de aderir uma camada à outra) e “imprimação impermeabilizante” (com função de impermeabilizar uma camada de solo ou granular antes do lançamento da camada superior). Entre quaisquer camadas de revestimento asfáltico, sempre é aplicada uma pintura de ligação. As pinturas de ligação são aplicadas com emulsões asfálticas, e as imprimações impermeabilizantes, com asfaltos diluídos” (BALBO, 2007).

Segundo Balbo (2007), o estudo de solos para finalidades de pavimentação é fundamental tanto do ponto de vista de análise de materiais como de análise de projetos. Não existe pavimento sem fundação, ou seja, sem subleito. Verificou-se também que existem possibilidades de emprego de solos em bases, sub-bases e reforços de pavimentos, razão pela qual qualquer estudo relacionado à pavimentação não prescinde jamais de um estudo adequado dos solos empregados nas obras.

“O dimensionamento de um pavimento consiste na determinação das camadas de reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, de forma que essas camadas sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que o conjunto sofra ruptura, deformações apreciáveis ou desgaste superficial excessivo” (SENÇO, 1997).

Para o dimensionamento de estruturas de pavimentos, utilizam-se no país principalmente dois parâmetros de caracterização mecânica, que são o CBR e o Módulo de Resiliência (MR) segundo Bernucci *et al.*, (2006).

Bernucci *et al.*, (2006) descrevem que o CBR é usado para avaliar o potencial de ruptura, por meio de ensaio penetrométrico em laboratório. Todos os materiais são referenciados por um valor de porcentagem, representando o quão melhor ou pior é sua resistência comparado a uma “material padrão”. A Figura 7 ilustra o ensaio para determinação do CBR.

Figura 7 - Ensaio CBR



Fonte: Bernucci, *et al.*, (2006).

Já sobre o Módulo de Resiliência, Bernucci, *et al.*, (2006) descrevem que para a sua determinação têm-se utilizado equipamentos de carga repetida em laboratório. A Figura 8 mostra um exemplo de equipamento triaxial de cargas repetidas.

O DNER (1996) descreve que através do estudo da resiliência dos materiais empregáveis em pavimentos torna-se possível avaliar os comportamentos estruturais, efetuando uma abordagem mais realista. Tal metodologia resulta na possibilidade de analisar e prever estados de tensão-deformação de estruturas de pavimentos através de programas computacionais, partindo-se de propriedades dinâmicas expressáveis em termo de valores de módulo resiliente. O módulo de deformação resiliente é determinado pela seguinte expressão:

$$M_r = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r}$$

Onde,

M_r : Módulo de deformação resiliente;

σ_d : tensão-desvio aplicada repetidamente;

ϵ_r : deformação específica axial resiliente correspondente a um número particular de repetições da tensão-desvio.

Ainda DNER (1996) descreve que as deformações resilientes são deformações elásticas no sentido de que são recuperáveis, porém, não variam necessariamente linearmente com as tensões aplicadas.

Figura 8 - Equipamento triaxial de cargas repetidas



Fonte: Bernucci, *et al.*, (2006).

2.2 DETERIORAÇÃO DOS PAVIMENTOS

“Os materiais de construção, no decorrer de sua vida de serviço, apresentam processos de danificação e deterioração (degradação) inevitáveis que, paulatinamente, implicam a alteração de suas propriedades mecânicas, ou seja, aquelas que governam seu comportamento sob ações de cargas de diversas naturezas. Portanto, as propriedades dos materiais alteram-se após a construção, piorando pouco a pouco. Tal fato se traduz nos materiais de camadas de pavimentos, sendo sua degradação motivada por cargas de veículos, produtos químicos e ações ambientais, como temperatura e umidade, etc” (BALBO, 2007, p.257).

“Dano, deterioração, degradação são nomes possíveis para descrever o processo de perda de qualidade estrutural ou funcional dos pavimentos” (BALBO, 2007, p.257).

De acordo com Pereira e Miranda (1999 *apud* FRANCISCO, 2012), são considerados dois grupos de fatores que influenciam a degradação dos pavimentos: os fatores passivos e os fatores ativos. Os primeiros dependem do pavimento, nomeadamente das espessuras, do material e da qualidade de construção. Já os fatores ativos dependem das ações do tráfego e do clima e são os principais responsáveis pela degradação dos pavimentos.

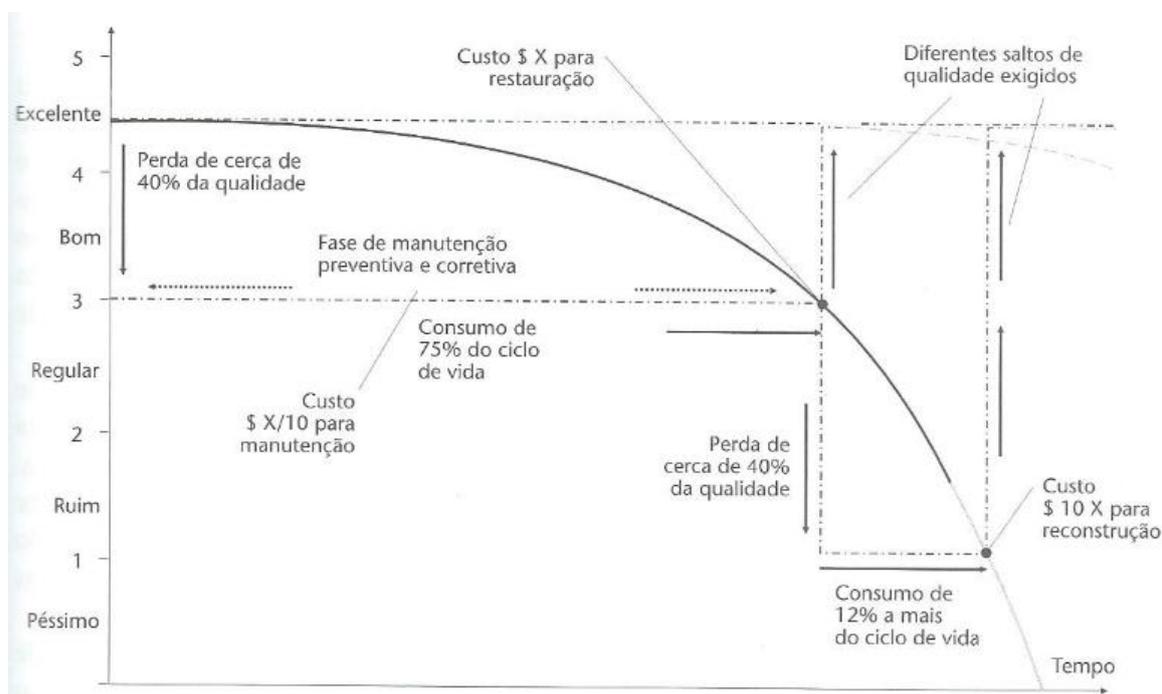
O tráfego, condições ambientais e as características dos materiais são considerações determinantes para o comportamento dos pavimentos durante seu tempo de vida útil. Estes fatores se relacionam com os danos estruturais mais importantes e recorrentes nos pavimentos asfálticos como as fendas, fadiga e afundamento da superfície, devido a recepção das cargas aplicadas pelos veículos pesados que circulam no pavimento (DÍAZ, 2012).

O guia para projeto de estruturas de pavimentos publicado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1993), descreve as patologias em dois grupos: patologias físicas (as relacionadas ao desempenho estrutural do pavimento) e as patologias funcionais (relacionadas à qualidade de rolamento oferecida pelo pavimento) (AASHTO, 1993 *apud* BALBO, 2007).

As patologias funcionais, associadas à irregularidade presente na superfície do pavimento, são assim denominadas provavelmente por comporem a maior parcela do valor numérico da serventia, uma medida indicativa de que o pavimento atende ao tráfego com conforto e segurança. Porém tais irregularidades podem ser encaradas como resultantes de processos de natureza essencialmente estrutural, ou seja, deformações plásticas, que ocorrem com maior ou menor intensidade em cada uma das camadas do pavimento (BALBO, 2007).

Segundo Balbo (2007), os custos de manutenção crescem exponencialmente com o aumento da degradação dos pavimentos. A restauração por recapeamento é admitida até determinada condição, onde na ausência de manutenção naquele momento, o pavimento vai se degradar tão intensamente que sua reconstrução, parcial ou total, seja inevitável em curto período de tempo, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 - Desempenho do pavimento



Fonte: Balbo (2007).

O pavimento pode ser deteriorado pela ruptura por resistência, qualquer ruptura motivada por esforços solicitantes superiores à resistência típica do material quanto àquela forma de sollicitação. No Brasil este fato é associado ao critério do CBR, relacionando aos solos de subleito e demais camadas granulares (BALBO, 2007).

Segundo Balbo (2007), além da ruptura por resistência, o pavimento pode ser danificado por fadiga, onde este fenômeno é relacionado ao fato de que muitos materiais sendo sucessivamente solicitados em níveis de tensões inferiores as de ruptura, podem desenvolver alterações em sua estrutura interna lentamente, que resultam na perda de características estruturais originais, gerando um processo de microfissuração progressiva que culmina no desenvolvimento de fraturas e posteriormente o rompimento do material.

A norma do DNIT 005 - TER (2003a) classifica e define algumas das patologias que se encontram na pavimentação flexível, tais são divididas em fenda, onde podem ser fissuras ou trincas; Afundamento que por sua vez podem ser plásticos ou por consolidação; Ondulação ou Corrugação; Escorregamentos; Exsudação; Desgaste; Panela ou buraco e Remendo que se subdivide em profundo ou superficial, os quais são descritos a sequencialmente.

- **Fenda**

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas.

O trincamento por fadiga é um dos principais defeitos ocorrentes nos pavimentos flexíveis. Origina-se da carga repetida do tráfego e gera tensões de tração na base do revestimento. Induz, no estágio inicial, ao surgimento de microtrincas, as quais podem evoluir para trincas e, finalmente, levar à falha mecânica do mesmo (NUNES; SILVA; FROTA, 2009).

As variações de temperatura diárias e sazonais, provocam nas camadas betuminosas, de reforço, e nas subjacentes, movimentos de retração e de expansão horizontais dos bordos das fendas, produzindo ações de abertura e fechamento das fendas (MINHOTO, *et al.*, 2011).

A deformação plástica excessiva, prematura ou a longo prazo, na estrutura do material, gera as primeiras fissuras no materiais. Quanto mais frágil for a mistura em sua natureza heterogênia e quanto mais vazios apresentar sua matriz, maior será a suscetibilidade à fissuração (BALBO, 2007).

Balbo (2007) ainda acrescenta que ocorrências de zonas de concentrações de tensões na superfície (ranhuras e sulcos), constituem fator deletério para o comportamento à fadiga dos materiais quando sujeitos a esforços de tração naquela zona, podendo assim provocar as primeiras fissuras nas mesmas, em um processo que tende à progressão.

No caso da pavimentação asfáltica, a repetição das cargas produzidas pelo tráfego, juntamente com tensões térmicas, devido às variações de temperatura, estão levando a quebrar progressivamente a estrutura do pavimento asfáltico, fissurando as camadas de mistura (JIMÉZEZ, *et al.*, 2011).

- Fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista de uma distância inferior a 1,50 m.

- Trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar – se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

Trinca isolada

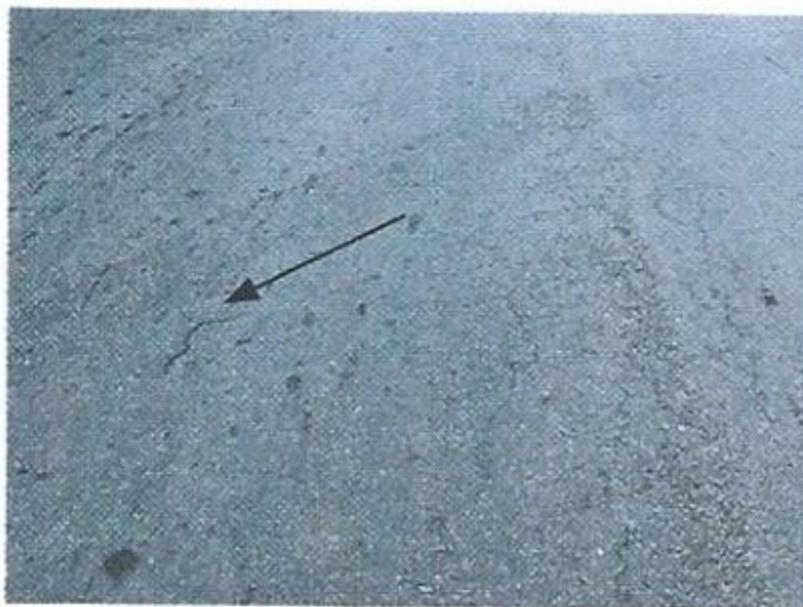
a) Trinca transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina – se trinca transversal longa.

b) Trinca longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina – se trinca longitudinal longa, mostrado nas figuras Figura 10 e Figura 11.

Figura 10 - Trinca longitudinal curta



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

Figura 11 - Trinca longitudinal longa



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

c) Trinca de retração

Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado sendo exemplificado na Figura 12.

Figura 12 - Trinca de retração



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

Trinca interligada

a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré conforme Figura 13. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.

Figura 13 - Trinca tipo "couro de jacaré"

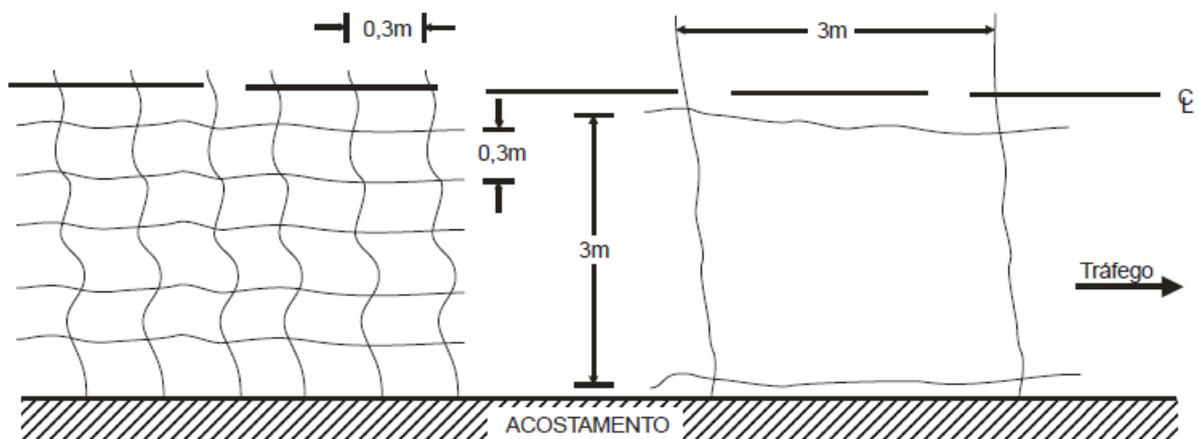


Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

b) Trincas tipo “Bloco”

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas. Conforme mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Trinca tipo bloco



Fonte: DNIT (2006d)

- **Afundamento**

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de levantamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação, como exemplo a Figura 15.

Figura 15 - Afundamento do pavimento

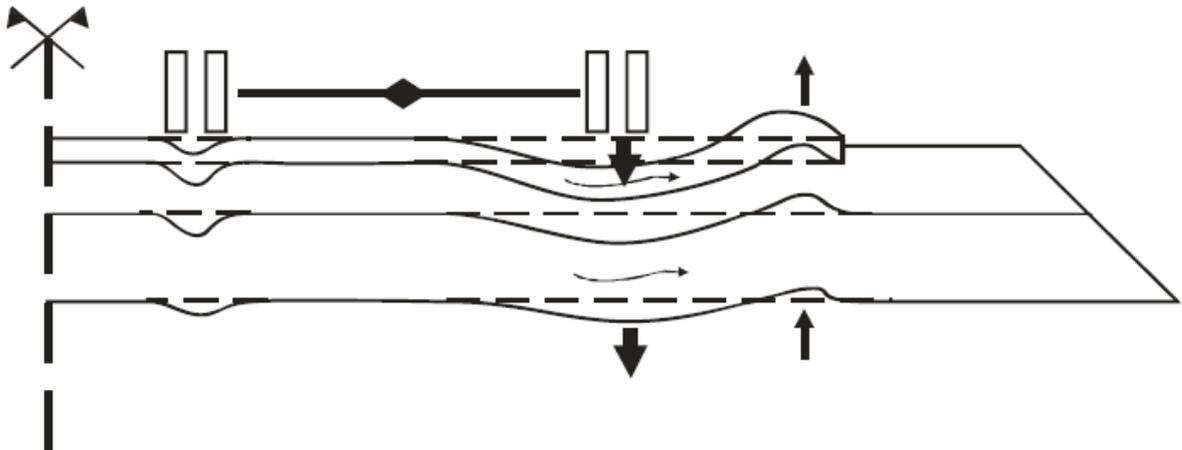


Fonte: Balbo (2007)

- Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de levantamento. Quando ocorre em extensão de até 6m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Afundamento plástico

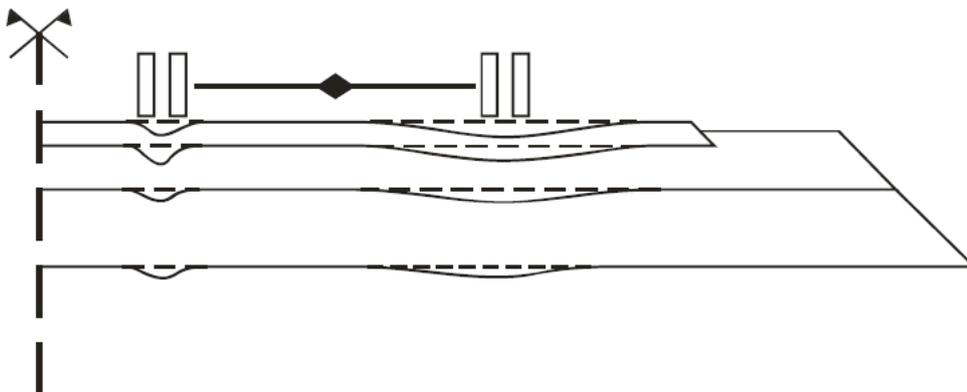


Fonte: DNIT (2006d)

○ Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda, exemplificado na Figura 17.

Figura 17 - Afundamento por consolidação



Fonte: DNIT (2006d)

• **Ondulação ou Corrugação**

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento, conforme indicado na Figura 18.

Figura 18 - Corrugação na pista



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

- **Escorregamento**

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua, conforme Figura 19.

Figura 19 - Escorregamento



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

- **Exsudação**

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Exsudação



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

- **Desgaste**

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego tendo com exemplo a Figura 21.

Figura 21 - Desgaste do pavimento



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

- **Panela ou buraco**

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre as camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo

alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas, conforme Figura 22.

Figura 22 - Panela



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006)

- **Remendo**

Porção da superfície do pavimento onde é removida e substituída após a construção inicial, como exemplo a Figura 23.

Figura 23 - Remendo



Fonte: Silva (2014)

- Remendo profundo

Aquele em que há substituição de mais de uma camada do pavimento, usualmente, apresenta forma retangular.

- Remendo superficial

Segundo DNIT 005 (2003a), remendo superficial é a correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

Segundo Baptista (1976), a conservação das estradas pavimentadas abrange uma série de operações, cuja finalidade é manter o leito estradal em boas condições de tráfego, aumentando sua vida útil, ou seja, o tempo que vai desde a entrega ao tráfego até a sua substituição. Estas operações compreendem:

- Limpeza da pista de rolamento, retirada de barreiras, etc;
- Desmatamento da faixa de domínio, quando estiver prejudicando a visibilidade;
- Revestimento do acostamento, limpeza com retirada do mato, deixando no entretanto a grama, quando ela existir;
- Inspeção, limpeza, desobstrução e reconstrução dos bueiros de greide, drenos, valetas e calhas;
- Manutenção de sinalização (placas de sinalização e sinalização viva);
- Execução e manutenção das faixas de sinalização, olhos-de-gato (cat eye), defensas, etc;
- Conservação preventiva, constituindo de reparos de pequenos buracos e selagem ou imprimação das trincas e panelas que aparecem nos revestimentos betuminosos;
- Rejuvenescimento (resselagem) dos revestimentos betuminosos.

A um pavimento deve exigir-se qualidade estrutural e funcional. Quanto aos aspectos funcionais, os parâmetros mais relevantes estão relacionados à segurança contra a derrapagem ou aquaplanagem, a qual é função de uma boa interação pneu-pavimento. Esta interação depende da macrotextura e microtextura do revestimento, bem como das boas condições de drenagem superficial (FRANCISCO, 2012).

Francisco (2012) descreve que a água superficial deve ser interceptada e desviada de forma a diminuir os efeitos de erosão superficial, para sistemas de retenção e captação de

água (valetas). É necessário garantir a conservação e duração da super e infraestrutura, protegendo as estradas contra a ação das águas superficiais. As águas de ocorrência numa estrada devem ser canalizadas para as linhas de água, para evitar situações de estagnação à superfície do pavimento podendo provocar a hidroplanagem e a penetração em fendas do pavimento degradando as características resistentes da plataforma. A drenagem superficial destina-se a interceptar as águas que chegam ao corpo da estrada proveniente de áreas adjacentes, e a captar as águas pluviais que incidam diretamente sobre ela, conduzindo-as para local onde deságuam.

2.3 AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO

Segundo Balbo (2007), caracterizar a estrutura de pavimento existente implica na determinação dos materiais e espessuras que constituem cada camada do pavimento, incluindo solos de subleito, verificação por métodos de engenharia, das condições de integridade dos materiais existentes no pavimento em análise, por meio de parâmetros estruturais. Tais avaliações, combinadas com a avaliação dos defeitos superficiais, possibilitam ao engenheiro a definição dos padrões e causas de patologias existentes nos pavimentos, visando à sua completa reparação, sendo portanto, complementar à avaliação de defeitos por processos visuais.

A avaliação de pavimentos tem como conceitos associados segundo Bernucci, *et al.* (2006):

- Serventia: qualidade do pavimento, quanto aos aspectos para o qual foi construído em relação ao conforto ao rolamento e segurança;
- Desempenho: variação da serventia ao longo do tempo ou do tráfego de uso do pavimento;
- Gerência: administração, gestão e otimização dos recursos aplicada ao planejamento, projeto, construção, manutenção e avaliação dos pavimentos;
- Restauração: conjunto de operações destinadas a restabelecer as características técnicas total ou parcialmente do pavimento;
- Manutenção preventiva: Operação de correções localizadas que não atingem a maioria da superfície do pavimento, repondo pequena parcela da condição de serventia;

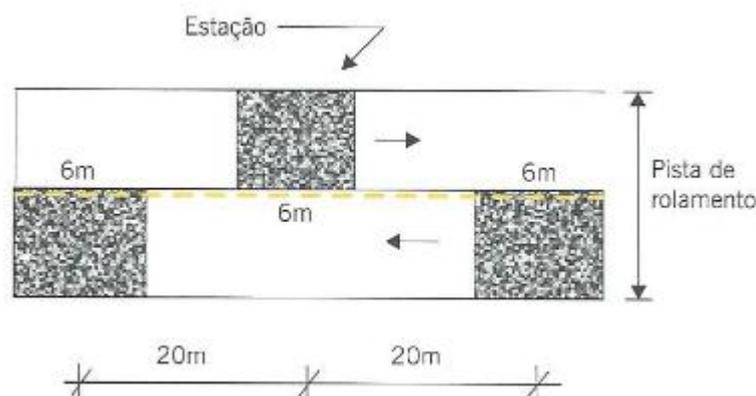
- Reforço: Operação de restauração onde se aproveita o valor residual da estrutura do pavimento e acrescenta – se nova camada de mistura asfáltica.
- Reconstrução: Operação de refazer o pavimento no todo desde o subleito ou mais comumente a partir da sub-base por substituição dos materiais existentes por novos.

2.3.1 Avaliação superficial

A norma DNIT 006 (2003b) traz de forma explicativa o procedimento que se deve adotar para avaliar a superfície do pavimento, desde a etapa de delimitação da área de estudos até o cálculo do Índice de Gravidade Global - IGG, ou seja, demonstra como avaliar o pavimento para assim, juntamente com as demais avaliações, adotar a melhor solução de recuperação. A localização de cada superfície de avaliação deve ser feita, em pista simples, avaliando a cada 20 metros alternados em relação ao eixo da pista de rolamento, ou seja, 40 metros em 40 metros em cada faixa de tráfego. Em pista dupla, o espaçamento continua sendo a cada 20 metros, porém apenas na faixa mais solicitada de tráfego de cada pista.

As superfícies de avaliação devem ser demarcadas com tinta apropriada sobre o pavimento, recebendo um número correspondente à estaca ou distância ao marco quilométrico segundo um gabarito de 0,30m x 0,025m, coincidindo com a seção transversal distante 0,06m da borda do revestimento, além de demarcar mais dois traços no pavimento, sendo um 3,00m a montante e 3,00m a jusante do ponto, conforme ilustra a Figura 24 as superfícies a serem levantadas (DNIT 006, 2003b).

Figura 24 - Localização das superfícies de avaliação

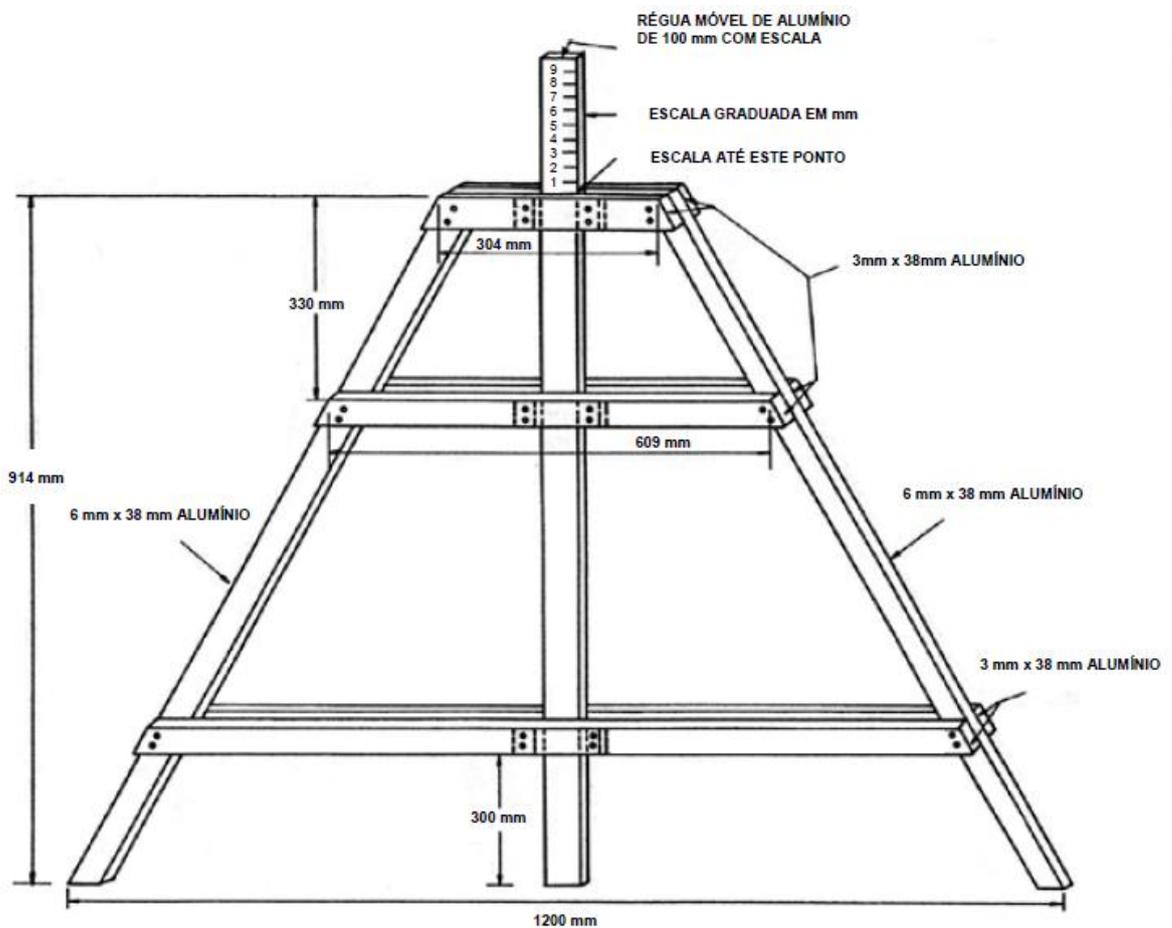


Fonte: Bernucci, *et al* (2007)

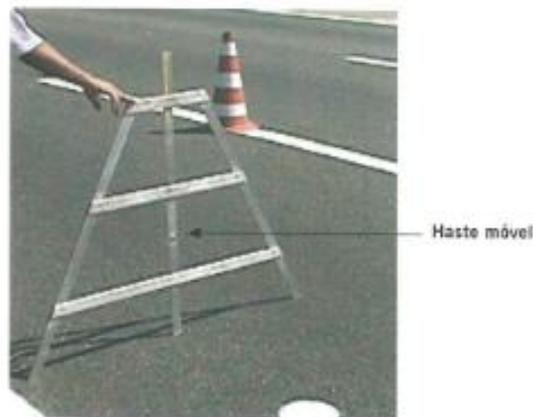
Após demarcadas as áreas a serem levantadas, pode-se assim começar a levantar os defeitos, patologias existentes na área demarcada (DNIT 006, 2003b).

Segundo DNIT 006 (2003b), um dos passos para poder obter a avaliação superficial do pavimento é a medição do afundamento nas trilhas de rodas, onde essas flechas devem ser medidas em milímetros, em cada estação utilizando a treliça conforme Figura 25, sendo essas flechas medidas tanto na trilha de roda interna (TRI), quanto na trilha de roda externa (TRE), anotando-se o maior valor encontrado na área demarcada em cada trilha, como exemplo de medição é mostrada a Figura 26 - Medição de flechas.

Figura 25 - Treliça metálica para afundamentos em trilhas de roda.



Fonte: DNIT 006 (2003b)

Figura 26 - Medição de flechas

Fonte: Bernucci, *et al* (2006)

Nas áreas demarcadas deve ser anotado qualquer defeito (patologia) encontrado no pavimento, as quais foram apresentadas e que seguem uma abreviação conforme a norma DNIT 005 (2003a), mostrado na Tabela 2, onde se define que FC -1 são trincas com aberturas superiores à das fissuras e menores que 1,0mm, FC – 2 aberturas maiores que 1,0 mm e sem erosão nas bordas e FC – 3 são trincas com aberturas superiores a 1,0 mm com erosão nas bordas. Além das patologias deve ser anotado o estaqueamento onde foi levantado o defeito, o lado que se apresentou e o tipo da seção de terraplenagem (SA = seção de aterro, SMA = Seção mista lado do aterro, SMC = Seção mista lado do corte e SC = seção de corte). Os dados coletados devem ser anotados em uma planilha conforme Tabela 3.

Tabela 2 - Defeitos codificação

| FENDAS | | | | CODIFICAÇÃO | CLASSES DAS FENDAS | | |
|--|----------------------|--|--|-------------|--------------------|------|------|
| Fissuras | | | | FI | - | - | - |
| Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga | Trincas isoladas | Transversais | Curtas | TTC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TTL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | Longitudinais | Curtas | TLC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TLL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Jacaré" | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | J | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | JE | - | - | FC-3 |
| Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga | Trincas isoladas | Devido à retração térmica ou dissecação da base (solocimento) ou do revestimento | | TRR | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | Bloco | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | TB | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | TBE | - | - | FC-3 |
| OUTROS DEFEITOS | | | | | CODIFICAÇÃO | | |
| Afundamento | Plástico | Local | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ALP | | | |
| | | da Trilha | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ATP | | | |
| | De consolidação | Local | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ALC | | | |
| | | da Trilha | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ATC | | | |
| Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais caudas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base | | | | | O | | |
| Escorregamento (do revestimento betuminoso) | | | | | E | | |
| Exsudação do ligante betuminoso no revestimento | | | | | EX | | |
| Desgaste acentuado na superfície do revestimento | | | | | D | | |
| "Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores | | | | | P | | |
| Remendos | | | Remendo superficial | | RS | | |
| | | | Remendo profundo | | RP | | |

Fonte: DNIT 005 (2003a)

Após todos os defeitos levantados pode-se começar a calcular o Índice de Gravidade Global (IGG), onde é avaliado e classificado o pavimento conforme conceitos de degradação mostrado na Tabela 4, assim possibilitando o retardo do grau de degradação atingido pelo pavimento (DNIT 006, 2003b).

Tabela 4 - Conceitos de degradação em função do IGG

| Conceitos | Limites |
|------------------|---------------------|
| Ótimo | $0 < IGG \leq 20$ |
| Bom | $20 < IGG \leq 40$ |
| Regular | $40 < IGG \leq 80$ |
| Ruim | $80 < IGG \leq 160$ |
| Péssimo | $IGG > 160$ |

Fonte: DNIT 006 (2003b)

O DNIT 006 (2003b) fornece uma planilha do cálculo do IGG onde pode-se utilizar como base, tornando assim o cálculo para a avaliação do pavimento mais esquemático e prático, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo do IGG

| RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) | | | | | | Data: | Folha: |
|--|---|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| TRECHO: | | | | | | Estaca ou Quilômetro | Estaca ou Quilômetro |
| SUB-TRECHO: | | | | | | REVESTIMENTO TIPO: | |
| Item | Natureza do defeito | Frequência absoluta | Frequência absoluta considerada | Frequência relativa | Fator de ponderação | Índice de gravidade individual | Observações |
| 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 | | X | | 0,9 | | |
| 5 | O, P, E | | X | | 1,0 | | |
| 6 | EX | | X | | 0,5 | | |
| 7 | D | | X | | 0,3 | | |
| 8 | R | | X | | 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 = | TRlv = | FV = | 2 A () 2 B () | | |
| Nº TOTAL DE ESTAÇÕES | | n = | ∑ IND. GRAVID. IND. = IGG | | | | Conceito |
| 1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$ | | | | | | Operador | |
| 2A) IGI = $\sqrt{\bar{V}}$ quando $\bar{V} \leq 50$ | | | | | | Cálculo | |
| 1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$ | | | | | | Visto | |
| 2B) IGI = 50 quando $\bar{V} > 50$ | | | | | | | |

Fonte: DNIT 006 (2003b)

Nota-se na Tabela 5 é preciso efetuar o cálculo de fatores para a obtenção do IGG, sendo o primeiro a frequência absoluta que segundo DNIT 006 (2003b) é o número de vezes que a ocorrência foi verificada. Frequência relativa, é onde ocorre um determinado defeito relacionado com a porcentagem de estações que pode ser calculada da seguinte forma:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n}$$

Onde,

fr = frequência relativa

fa = frequência absoluta

n = número de estações inventariadas

Segundo DNIT 006 (2003b), nas flechas medidas no afundamento da trilha de roda, faz-se necessário o cálculo de outros dois fatores, a média (\bar{x}) e a variância (s^2), em pista simples deve ser calculado em ambas as pistas, na TRI e na TRE, já na pista dupla deve ser calculado apenas na pista mais solicitada de cada lado, conforme mostra as fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

onde,

\bar{x} = média aritmética das flechas medidas (TRI e TRE).

x_i = valores individuais.

s = desvio padrão.

s^2 = variância.

OBS: sempre calcular a média e a variância separadamente TRI da TRE.

A média aritmética das flechas na TRI e na TER (F) e a média da variância na TRI e na TER (FV), torna-se a frequência relativa dos afundamentos (DNIT 006, 2003b).

$$F = (\bar{x}_{TRI} + \bar{x}_{TRE})/2$$

$$FV = (\overline{s^2}_{TRI} + \overline{s^2}_{TRE})/2$$

O Índice de Gravidade Individual (IGI), é calculado segundo DNIT 006 (2003b), pela multiplicação da frequência relativa por um fator de ponderação, o mesmo se encontra na Tabela 6, onde cada patologia possui seu fator de ponderação.

$$IGI = f_r \times f_p$$

Sendo,

f_r = frequência relativa

f_p = fator de ponderação

Tabela 6 - Fator de ponderação

| 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 006 (2003b)

De acordo com a norma DNIT 006 (2003b), para o IGI das flechas medidas é necessário ser comparado o valor de F e FV onde se:

$$F \leq 30$$

$$IGI = F \times \frac{4}{3}$$

$$F > 30$$

$$IGI = 40$$

já para a variância a norma DNIT 006 (2003b), usa-se outro parâmetro, onde se:

$$FV \leq 50$$

$$IGI = FV$$

$$F > 50$$

$$IGI = 50$$

O IGG segundo DNIT 006 (2003b) é calculado pela seguinte fórmula:

$$IGG = \sum IGI$$

Com o IGG calculado a norma DNIT 006 (2003b) possibilita classificar o pavimento, conforme foi mostrado na Tabela 4.

2.3.2 Avaliação estrutural

A avaliação estrutural abrange a caracterização completa de elementos e variáveis estruturais dos pavimentos que possibilitam uma descrição objetiva de seu modo de comportamentos em face das cargas do tráfego e ambientais (BALBO, 2007).

O levantamento da condição estrutural do pavimento fornece informações valiosas ao projetista quanto a sua adequação estrutural, o grau de restauração e permite a seleção e dimensionamento da mais adequada alternativa de Restauração (DNIT, 2006d).

Sendo assim a avaliação estrutural pode ser feita por três métodos, o destrutivo, semi destrutivo e o não-destrutivo.

O método destrutivo é aquele que investiga a condição estrutural de cada camada que compõem o pavimento por abertura de trincheiras ou poços de sondagem, permitindo recolher amostras de cada material para assim fazer ensaios de capacidade de carga in situ. Por ser destrutivo só é empregado em alguns pontos selecionados sendo considerados representativos de cada segmento a ser avaliado (BERNUCCI, *et al.*, 2006).

Os processos mais empregados no método destrutivo é a abertura de cavas à pá e picareta, aberturas de furos a trado com concha helicoidal, abertura de trincheiras transversais a pista e extração de amostras de revestimentos e bases com sondagens rotativas, conforme mostra a Figura 27 (BALBO, 2007).

Figura 27 - Exemplos de avaliação estrutural destrutiva



Fonte: Bernucci, et al. (2006).

O método semidestrutivo é aquele que se vale de aberturas menores de janelas no pavimento que permitam utilizar um instrumento portátil de pequenas dimensões para a avaliação da capacidade de carga de um pavimento (BERNUCCI, *et al.*, 2006), conforme mostrado na Figura 28.

Figura 28 - Exemplo de avaliação semi-destrutiva



Fonte: Bernucci, et al. (2006).

Segundo Bernucci, *et al.* (2006) na avaliação estrutural não destrutiva, como o nome já diz, não é necessária a abertura de valas e trincheiras no pavimento, todas as operações são feitas na superfície da pista.

Equipamentos de alta tecnologia para identificação de espessuras de camadas e tipos de materiais existentes no pavimento são chamados de *ground penetrating radar*, que consistem em processos geofísicos, no qual possui uma antena emissora de ondas e outra receptora, permitindo a detecção de alterações permitindo a avaliação inicial (BALBO, 2007).

Balbo (2007) ainda fala que além da determinação de tipos, espessuras e condições presentes de camadas, é necessária a determinação da capacidade estrutural do pavimento, o que se faz por meio de provas de carga, sendo dois tipos de equipamentos amplamente empregados no Brasil para esta determinada finalidade que é a viga Benkelman e o defletômetro de impacto Falling Weight Deflectometer (FWD).

A Viga Benkelman consiste em um funcionamento idêntico ao de um braço de alavanca, no qual necessita de um caminhão padrão com eixo traseiro simples de roda dupla carregado com uma carga padrão de 80 KN e 100 psi de pressão nos pneus. O ensaio iniciasse com a colocação ponta da viga entre os pneus, fazendo assim a leitura inicial do extensômetro (L_i), sequencialmente o caminhão afasta – se até que não registre mais variação de leitura fazendo assim a leitura final no extensômetro (L_f) (BERNUCCI, *et al.*, 2006).

Realizadas as duas leituras torna – se possível o cálculo da deflexão do pavimento no qual é empregado a fórmula segundo DNIT (2006d):

$$d_0 = (L_i - L_f) \times K$$

Onde,

d_0 = deflexão inicial

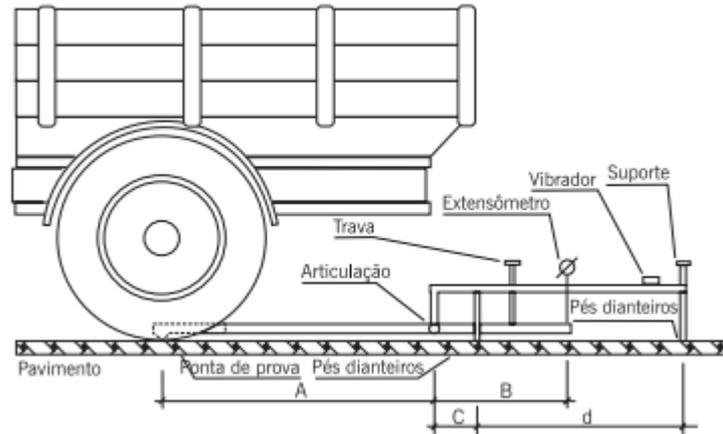
L_i = Leitura inicial

L_f – Leitura Final

K = Constante da viga dada pela relação entre o braço maior e braço menor $\frac{A}{B}$

Tal procedimento é mostrado nas Figura 29 e Figura 30.

Figura 29 - Modelo de medição viga Benkelman



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006).

Figura 30 - Procedimento de medição com viga Benkelman



Fonte: Bernucci, *et al.* (2006).

Segundo Bernucci (2006) faz – se duas leituras, uma inicial e uma a 25 cm da inicial que chamamos de deflexão (d_{25}), onde auxilia no cálculo do raio de curvatura no qual faz uma relação entre a medição inicial (d_0) e a medição a 25cm (d_{25}) calculado pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{6250}{2 \times K \times (d_0 - d_{25})}$$

Já o FWD - *falling weight deflectometer* é um equipamento concebido a partir de conceitos anteriormente desenvolvidos para testes geofísicos, tratando – se de um ensaio no qual uma carga dinâmica, aplicada instantaneamente por impacto (pulso de carga) sobre uma placa de dimensões conhecidas, procurando assim simular a aplicação de carga de um par de rodas do caminhão, conforme mostrado na Figura 31 (BALBO, 2007).

Figura 31 - Falling weight deflectometer



Fonte: Bernucci, et al. (2006).

No processo de análise, as ondas resultantes dos deslocamentos da superfície nos vários pontos são captadas e suas acelerações integradas para definição da distância percorrida, o que fornece a deflexão em cada geofone, fazendo assim serem muito rapidamente determinadas e registradas digitalmente as bacias de deformação em cada ponto analisado (BALBO, 2007).

Os resultados das amostras para o cálculo da deflexão devem obedecer um intervalo definido pelo cálculo de alguns parâmetros que são fornecidos pelo DNER 011 (1979), que

segue o mesmo princípio da análise de amostras que será apresentado na irregularidade longitudinal.

Segundo a norma DNER 011 (1979), a época mais indicada para a realização das medidas das deflexões é imediatamente após a estação chuvosa, quando o subleito está com o máximo de umidade, como isto nem sempre é atendido é comum se utilizar fatores de correção sazonal para deflexões obtidas em qualquer época, tais fatores de correção sazonal dependem de pesquisas regionais, são sugeridos alguns valores de correção apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Fatores de correção sazonal

| Natureza do Subleito | Fator de Correção Sazonal - F_s | |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| | Estação Seca | Estação Chuvosa |
| Arenoso e Permeável | 1,10 - 1,30 | 1,00 |
| Argiloso e Sensível à Umidade | 1,20 - 1,40 | 1,00 |

Fonte: DNER 011(1979)

A norma DNER 011 (1979) descreve que para a escolha do fator sazonal (F_s), deve ser realizada uma análise levando-se em conta as informações quanto a distribuição das precipitações médias na região, as precipitações mensais ocorridas nos meses durante os quais foi efetuado o levantamento deflectométrico e nos três meses que antecederam o levantamento, além de levar em conta as condições as características da estrutura do pavimento existente e do subleito.

A deflexão de projeto (D_p), é calculada pela seguinte fórmula (DNER 011, 1979):

$$D_p = D_C \times F_s$$

Onde,

D_C : deflexão característica obtida na época do levantamento deflectométrico, em 0,01 mm;

F_s : fator de correção sazonal.

Para que não surjam trincas no revestimento, é necessário manter a deflexão do pavimento abaixo de um determinado valor que é a Deflexão Admissível (D_{adm}), onde em pavimentos flexíveis, constituídos de revestimento betuminoso executado sobre base granular, o valor da deflexão admissível em 0,01 mm é dado pela seguinte expressão segundo DNER (1979):

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \times \log N$$

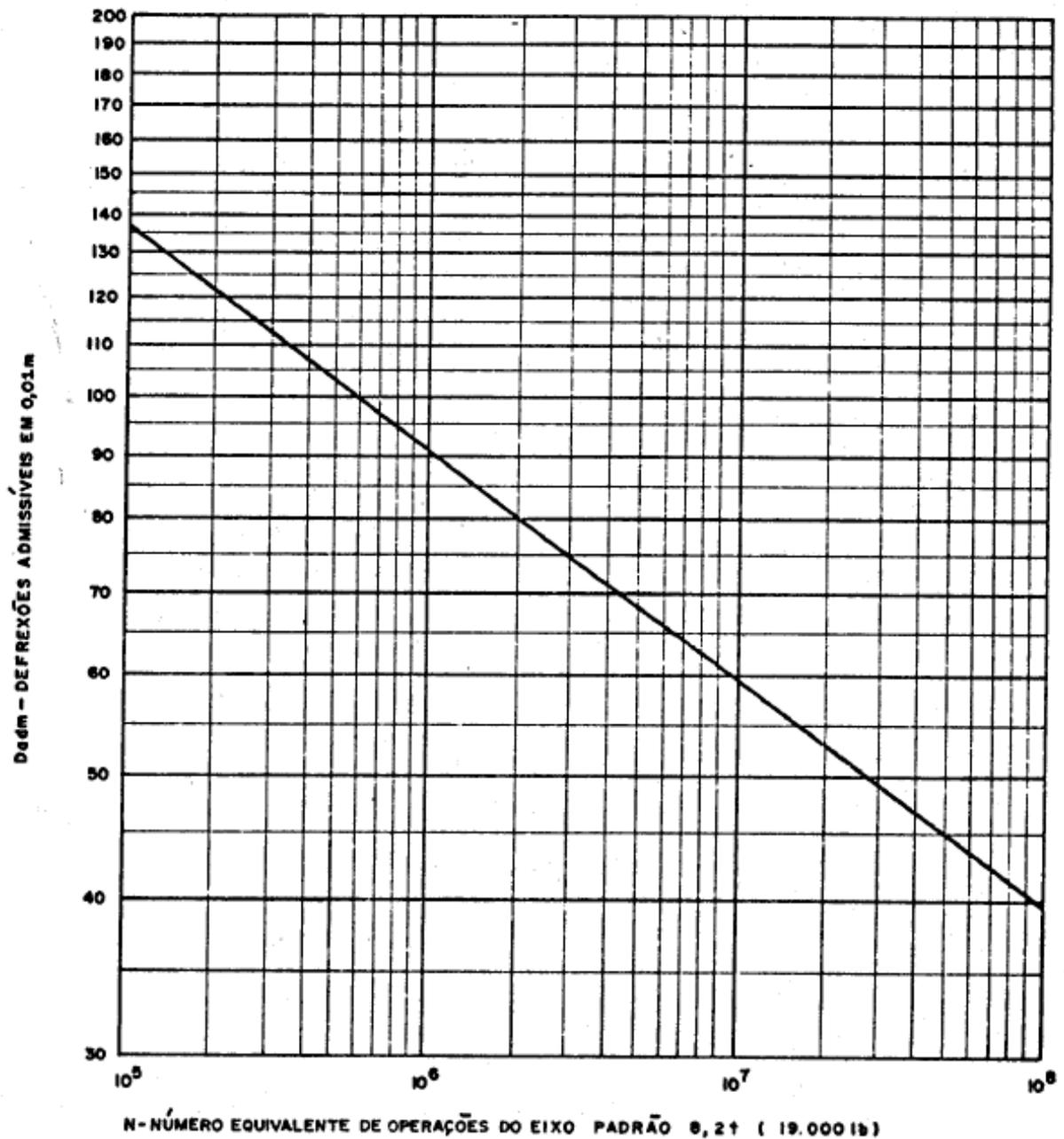
Onde:

D_{adm} : Deflexão admissível;

N: Número equivalente de aplicação de um eixo padrão.

Esta equação é demonstrada pelo Gráfico 1, onde considera um eixo padrão de 8,2 toneladas (DNER 011, 1979).

Gráfico 1 - Deflexão admissível



Fonte: DNER 011(1979)

2.3.3 Avaliação da serventia

Segundo o DNIT 009 (2003c), a serventia de uma determinada pista consiste na capacidade de um trecho específico do pavimento proporcionar rolamento suave e confortável em determinado momento na opinião do usuário.

O DNIT 009 (2003c) normatiza que o grupo responsável pela determinação do Valor de Serventia Atual (VSA) deve ser constituído de cinco membros que conheçam a norma do DNIT em questão.

Para avaliação deve-se prestar atenção em determinados tópicos que a norma do DNIT 009 (2003c) fornece, para que não se faça uma avaliação errônea do pavimento.

- O trecho de pavimento deve ser avaliado como se fosse para uma rodovia de tráfego intenso e constituído de veículos comerciais e de passageiros;
- O avaliador deve considerar apenas o estado atual da rodovia, embora achando que o pavimento poderá se romper no futuro;
- A avaliação não deve ser feita sob condições climáticas desfavoráveis;
- O Avaliador deve ignorar os aspectos de projeto geométrico do trecho da rodovia, resistência a derrapagem, cruzamentos ferroviários, irregularidades nos acessos das pontes e irregularidades ocasionais devidas a recalques de bueiros;
- Os avaliadores devem considerar principalmente os “buracos”, saliências, irregularidades transversais e longitudinais da superfície. Sendo que grandes depressões resultantes de recalques de aterros devem ser ignoradas.

O processo de avaliação ocorre no registro em escala de 0,0 a 5,0 indicando a qualidade do pavimento, sendo respectivamente péssimo e excelente. Os trechos devem ser escolhidos previamente, sendo homogêneos com extensão máxima de 2 quilômetros (DNIT 009, 2003c).

Segundo DNIT 009 (2003c), os resultados para cada trecho de pavimento avaliado devem ser relacionados separados, calculando o VSA de cada trecho pela seguinte expressão:

$$VSA = \frac{\sum X}{n}$$

Onde,

VSA = valor de serventia atual;

X = Valores de serventia atual individuais atribuídos por cada membro do grupo;

n= número de membros do grupo de avaliação.

Calculado o VSA de cada trecho pode-se classificá-los segundo a Tabela 8.

Tabela 8 - Níveis de serventia

| Padrão de conforto ao rolamento | Avaliação (faixa de notas) |
|---------------------------------|----------------------------|
| Excelente | 4 a 5 |
| Bom | 3 a 4 |
| Regular | 2 a 3 |
| Ruim | 1 a 2 |
| Péssimo | 0 a 1 |

Fonte: DNIT 009 (2003c).

2.3.4 Irregularidade Longitudinal

A Irregularidade Longitudinal (IRI) é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico, que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via (BERNUCCI, *et al.* 2006).

Ainda segundo Bernucci, *et al.*, (2006), a irregularidade longitudinal é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada, onde comumente coincide com as regiões de trilhas de roda, ao interesse pode-se detalhar melhor o perfil, levantando-o em diversas linhas imaginárias.

Para determinação das irregularidades longitudinais podem ser utilizados alguns dos equipamentos a seguir (BERNUCCI, *et al.* 2006):

- APL (analisador de perfil longitudinal);
- Perfilógrafo;
- Merlin, etc.

No Brasil, a escala padrão de medição da irregularidade adotada é o Quociente de Irregularidade (QI). Os conceitos de IRI e QI são muito similares, onde na prática são altamente correlacionados, uma relação aproximada entre os dois é dada por $QI = 13 IRI$ (DNIT, 2006d).

Para ser calculado o IRI, devem ser calculados previamente alguns parâmetros. Sabendo-se quantos trechos foram estudados, ou seja, o número de amostras coletadas (n), junto com a média das leituras internas e externas de cada estação é calculado a média aritmética do trecho, que segundo DNER 011 (1979) se dá pela seguinte fórmula para fazer a avaliação amostral das leituras:

$$\text{média das leituras} = \frac{(\text{leitura interna} + \text{leitura externa})}{2}$$

$$\text{Média} = \frac{\sum \text{média das leituras}}{n}$$

Segundo DNER 011 (1979), com o valor da média aritmética é calculado o desvio padrão da amostra (σ) pela fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\text{médias das leituras} - \text{média})^2}{n - 1}}$$

onde:

médias das leituras = média aritmética da leitura interna e externa de cada estação;

média = média aritmética da soma de todas as médias das leituras;

n = número de amostras ou estações.

A irregularidade deve sempre obedecer a um intervalo de aceitação, este intervalo de aceitação segundo DNER – PRO 011 (1979) é obtido através dos limites que é determinado pela fórmula:

$$\text{limite} = \text{média} \pm (z \times \sigma)$$

Onde:

z = constante

A constante é retirada da Tabela 9 onde tem como referência o número de estações (n) (DNER 011, 1979).

Tabela 9 - Constante z

| n | z |
|--------|-----|
| 3 | 1,0 |
| 4 | 1,5 |
| 5 - 6 | 2,0 |
| 7 - 19 | 2,5 |
| ≥ 20 | 3,0 |

Fonte: DNER 011 (1979).

Assim após calcular o intervalo de aceitação segundo o DNER 011 (1979), deve-se eliminar todos os valores individuais fora deste intervalo, calculando uma nova média e desvio padrão, para seguir com o cálculo do QI.

A Irregularidade Característica (IRIc) do trecho é calculada levando em consideração todos estes parâmetros apresentados anteriormente retirados do DNER 011 (1979), que é demonstrado pela seguinte fórmula:

$$IRIc = média + \sigma$$

Onde,

σ = desvio padrão.

Segundo Balbo (2007), o coeficiente de variação que verifica a acurácia da estatística é calculado por:

$$CV = \frac{\sigma}{média}$$

2.4 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO

Para a definição das alternativas de restauração é necessário o estudo da condição do pavimento existente, onde este estudo consiste na avaliação funcional e na avaliação estrutural (BERNUCCI, *et al.* 2006).

Ainda segundo Bernucci, *et al.* (2006), na avaliação funcional é verificada a condição da superfície do pavimento por meio do levantamento e análise de defeitos superficiais e da irregularidade longitudinal. Já na avaliação estrutural é verificada a condição da estrutura do pavimento de suportar cargas por meio de levantamentos não-destrutivos e a determinação da deflexão superficial resultante.

Quando os pavimentos não apresentam problemas estruturais e a restauração é necessária para correção de defeitos funcionais superficiais são empregados geralmente os seguintes revestimentos (BERNUCCI, *et al.* 2006):

- 1 Lama asfáltica: consiste em uma lama com agregados miúdos e emulsão asfáltica, seu espalhamento é feito a frio, sua ruptura é lenta onde sua espessura varia de 3 a 5 centímetros, onde é aplicável no rejuvenescimento da superfície, vedar trincas ou fissuras evitando a penetração de água e corrigir pequenas deformações (PETROBRAS, 2014a).
- 2 Tratamento superficial simples ou duplo: os tratamentos superficiais consistem no espalhamento do ligante asfáltico sobre a base de um pavimento, seguido da aplicação do agregado e compactação com rolo de pneus. O simples possui uma camada de ligante e uma de agregado, já o duplo duas camadas de cada. Indicado para pavimentos desgastados e trincados (PETROBRAS, 2014b).
- 3 Microrrevestimento asfáltico: é uma mistura composta de agregado mineral, material de enchimento, fíler, emulsão asfáltica modificada por polímero, água e aditivos. Usado em selagem de trincas e restauração da aderência superficial quando existe condição de ação abrasiva acentuada do tráfego (BERNUCCI, *et al.* 2006).
- 4 Concreto asfáltico: mistura executada a quente, composta de agregado graúdo, material de enchimento (fíler) se necessário e cimento asfáltico, onde é espalhada e compactada a quente. O concreto asfáltico pode ser empregado em regularização ou reforço (DNIT 031, 2006b).
- 5 Mistura do tipo camada porosa de atrito: possui a função de drenar a água superficial evitando a aquaplanagem, utilizada para melhorar a condição de atrito e o escoamento da água superficial (DER – SP, 2006).

Quando o pavimento apresenta comprometimento estrutural ou perspectiva de aumento de tráfego, as alternativas de restauração ou reforço compreendem aquelas que restabelecem ou incrementam sua capacidade estrutural por meio da incorporação de novas

camadas (recapeamento) à estrutura e/ou tratamento de camadas existentes (BERNUCCI, *et al.* 2006).

Segundo Bernucci, *et al.* (2006), os tipos de revestimentos geralmente utilizados como recapeamento são o concreto asfáltico, o matiz pétreo asfáltico-SMA (como camada de rolamento para resistir a deformações permanentes em vias de tráfego pesado), misturas descontínuas e o pré-misturado a quente. Nestes são empregados cimentos asfálticos convencionados, modificados por polímeros ou por borrachas moídas de pneus. Estes revestimentos são utilizados isoladamente ou combinados.

A remoção por fresagem consiste na remoção parcial ou total da camada do pavimento de forma controlada, onde é recomendada previamente à execução de camadas de recapeamento quando há necessidade de redução da energia de propagação de trincas existentes no revestimento antigo, retardando sua reflexão nas novas camadas (BERNUCCI, *et al.* 2006).

2.5 DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO DO PAVIMENTO

2.5.1 Análise do Tráfego

Segundo DNIT (2006d) a avaliação das solicitações que o pavimento já sofreu pelo tráfego é fundamental para a definição de um diagnóstico preciso do pavimento existente. Para o dimensionamento do reforço ou a definição de outras intervenções é necessária a determinação do tráfego futuro. Assim torna-se imprescindível o cálculo de alguns fatores relativos ao tráfego:

- Projeção do volume médio diário do tráfego anual (VDM);
- Carregamento da frota;
- Cálculo do número N (Parâmetro do tráfego).

Segundo DNIT (2006d), a avaliação dos volumes de tráfego deve ser baseada em séries históricas existentes e em contagens volumétricas classificatórias levadas a efeito no trecho em análise.

Ainda segundo DNIT (2006d), devido a grande diversidade de efeitos gerados sobre o pavimento pelos diversos tipos de veículos rodoviários, há a necessidade de contagem classificatória da frota circulante.

A classificação mínima segundo DNIT (2006d), pode ser observada na Figura 32 - Classificação de veículos adotada pelo DNER.

Figura 32 - Classificação de veículos adotada pelo DNER

| SÍMBOLO | CONFIGURAÇÃO | DESCRIÇÃO |
|---------|---|--------------|
| |  | Automóvel |
| |  | Utilitário |
| 2c |  | Ônibus |
| 2c |  | Caminhão |
| 3c |  | Caminhão |
| 4c |  | Caminhão |
| 2s1 |  | Semi-reboque |
| 2s2 |  | Semi-reboque |
| 2s3 |  | Semi-reboque |
| 3s2 |  | Semi-reboque |
| 3s3 |  | Semi-reboque |
| 2c2 |  | Reboque |
| 2c3 |  | Reboque |

Fonte: DNIT (2006d)

O volume diário anual representa o volume diário médio de veículos que utilizam a via registrados em um ano ou com aplicações de fatores de correção e expansão aplicados ao volume de tráfego diário realizado pelas contagens (DNIT, 2008).

O volume diário de veículos em um trecho pode ser obtido tendo somente dados observados em uma hora, desde que haja postos de contagem contínua em trechos semelhantes. Se a pesquisa for feita apenas em um período de h horas do dia, deve-se calcular o valor de expansão diário pela seguinte equação segundo (DNIT, 2008):

$$F_H = \frac{VT_{24h}}{VT_{Xh}}$$

Onde,

F_H : Fator de correção horária;

VT_{24h} : Volume de tráfego em 24 horas (exceto pedestres e ciclistas);

VT_{Xh} : Volume de tráfego em x horas (exceto pedestres e ciclistas).

O fator de correção semanal utiliza a contagem realizada em um dia e expande para o resto dos dias da semana, tal fator pode ser calculado pela seguinte fórmula (DNIT, 2008):

$$F_{ds} = \frac{VT_s}{VT_d}$$

Onde,

F_{ds} : Fator de correção semanal;

VT_s : Volume de tráfego em uma semana (exceto pedestres e ciclistas);

VT_d : Volume de tráfego em um dia da semana (exceto pedestres e ciclistas).

Segundo DNIT (2008), o tráfego varia durante todos os dias do ano, tornando-se necessário expandir os levantamentos efetuados em determinada época. Para isso são utilizados postos que tenham sido efetivamente contados ao longo do ano. Os fatores de expansão anual, quando possível, devem ser determinados por zona de tráfego, uma vez que dependem da atividade econômica, que é variável por região. A expansão anual é feita pelo seguinte fator de expansão:

$$F_a = \frac{VT_a}{VT_m}$$

Onde,

F_a : Fator de correção anual;

VT_a : Volume de tráfego anual (exceto pedestres e ciclistas);

VT_m : Volume de tráfego mensal (exceto pedestres e ciclistas).

A determinação do tráfego futuro tem como objetivo fornecer elementos para o dimensionamento do pavimento e fornecer elementos para estudo da viabilidade econômica do projeto. Para obter esse volume de tráfego futuro existem alguns modelos a serem utilizados segundo o (DNIT, 2006c), entre eles estão projeção linear, projeção geométrica e projeção com emprego da logística.

Segundo DNIT (2006c) a projeção geométrica, também chamada projeção exponencial, admite que o volume de tráfego cresce segundo uma progressão geométrica, calculando o volume de tráfego futuro pela seguinte expressão:

$$V_n = V_o \times (1 + a)^n$$

Onde,

V_n : Volume de tráfego no ano n;

V_o : Volume de tráfego no ano base;

a: taxa de crescimento anual;

n: número de anos decorridos após o ano base.

O número “N”, necessário para o dimensionamento do pavimento flexível de uma rodovia, é definido pelo número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 toneladas durante o período de vida útil do projeto. Na determinação do número “N” são considerados fatores relacionados à composição do tráfego referente a cada categoria de veículo, onde é calculado pela seguinte fórmula (DNIT, 2006c):

$$N = 365 \times F_r \times F_p \times \sum (V_i \times F_{vi})$$

Onde,

N: Número equivalente de aplicações do Eixo Padrão;

F_r : Fator climático regional;

F_p : Fator de pista;

V_i : Número de veículos da categoria ‘i’;

F_{vi} : Fator de equivalência de veículos da categoria ‘i’.

O fator climático considera as variações de umidade as quais os materiais constituintes do pavimento estão sujeitos durante as estações do ano e que influem diretamente na capacidade de suporte dos mesmos.

Como durante um ano as condições ambientais variam, deve-se fazer uma média ponderada para o período de análise do projeto levando em consideração o tempo em que os diferentes fatores climáticos atuam, sendo a correlação sugerida pelo Souza, *appud* Coutinho (2011), apresentada na Figura 33.

Figura 33 - Fator Climático

| Altura média anual de chuva (mm) | Fator Climático Regional (FR) |
|---|--------------------------------------|
| Até 800 | 0,7 |
| De 800 a 1500 | 1,4 |
| Mais de 1500 | 1,8 |

Fonte: Souza, 1966 *appud* COUTINHO, (2011)

A conversão do tráfego misto em um número equivalente de operações de um eixo considerado padrão é efetuada aplicando o fator de equivalência de carga ou de veículos (F_{vi}). Estes fatores permitem converter uma aplicação de um eixo solicitado por uma determinada carga em um número de aplicações do eixo padrão que deverá produzir um efeito equivalente (DNIT, 2006c).

Os fatores de equivalência são definidos pela USACE e pela AASHTO. O primeiro baseia-se nos efeitos do carregamento na deformação permanente, já o segundo pela perda de serventia, variação do pavimento e a resistência do pavimento. A Tabela 10 e Tabela 11 mostram a metodologia para o cálculo do fator de equivalência de carga (DNIT, 2006c).

Tabela 10 - Fator de equivalência de carga segundo AASHTO

| Tipos de eixo | Equações (P em tf) |
|-------------------------------|---------------------------|
| Simplex de rodagem simples | $FC = (P / 7,77)^{4,32}$ |
| Simplex de rodagem dupla | $FC = (P / 8,17)^{4,32}$ |
| Tandem duplo (rodagem dupla) | $FC = (P / 15,08)^{4,14}$ |
| Tandem triplo (rodagem dupla) | $FC = (P / 22,95)^{4,22}$ |

Fonte: DNIT (2006c)

Tabela 11 - Fator de equivalência de carga segundo a USACE

| Tipos de eixo | Faixas de Cargas (t) | Equações (P em tf) |
|--------------------------------------|----------------------|--|
| Dianteiro simples e traseiro simples | 0 – 8 | $FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$ |
| | ≥ 8 | $FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$ |
| Tandem duplo | 0 – 11 | $FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$ |
| | ≥ 11 | $FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$ |
| Tandem triplo | 0 – 18 | $FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$ |
| | ≥ 18 | $FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$ |

Fonte: DNIT (2006c)

Os valores de “P”, que é o peso bruto total sobre os eixos, são determinados por pesagens de eixos em balanças fixas ou móveis, em campanhas específicas ou de forma rotineira pelos órgãos rodoviários (DNIT, 2006a).

O fator de pista leva em consideração o número de faixas existentes no trecho do projeto. O tráfego considerado em projeto é o da faixa mais solicitada, na falta de dados mais precisos, pode-se utilizar a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** como base de projeto, onde indica a porcentagem de veículos comerciais em relação ao tráfego comercial nos dois sentidos, conforme DNIT (2006d).

Tabela 12 - Fator de Pista

| Número de faixas de tráfego (2 sentidos) | % de veículos comerciais na faixa de projeto |
|--|--|
| 2 | 50 |
| 4 | 35 a 48 |
| 6 ou mais | 25 a 48 |

Fonte: DNIT (2006d)

2.5.2 Metodologias de Dimensionamento

Para o cálculo de reforços de pavimentos existentes não há normas rígidas que permitem definir com precisão a fronteira que separa os campos de aplicações dos critérios deflectométrico e de resistência (DNER 011, 1979).

Segundo DNER 011 (1979), o método de projeto utilizando o critério deflectométrico seria válido quando a estrutura subjacente ao reforço estivesse funcionando em regime elástico, ou seja, quando as cargas incidentes ocasionassem exclusivamente deformações de caráter transitório.

A norma DNER 011 (1979), procura formular cinco casos típicos onde os subtrechos homogêneos geralmente se enquadram, como pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 - Critérios para avaliação estrutural

| Hipótese | Dados Deflectométricos obtidos | Qualidade Estrutural | Necessidade de Estudos Complementares | Critério para Cálculo de Reforço | Medidas Corretivas |
|----------|------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| I | $D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$ | BOA | NÃO | | Apenas correções de superfície |
| II | $D_p > D_{adm}$ $R \geq 100$ | Se $D_p \leq 3 D_{adm}$ REGULAR | NÃO | Deflectométrico | Reforço |
| | | Se $D_p > 3 D_{adm}$ MÁ | SIM | Deflectométrico e Resistência | Reforço ou Reconstrução |
| III | $D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$ | REGULAR PARA MÁ | SIM | Deflectométrico e Resistência | Reforço ou Reconstrução |
| IV | $D_p > D_{adm}$ $R < 100$ | MÁ | SIM | Resistência | Reforço ou Reconstrução |
| V | - | MÁ O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas (IGG > 180). | SIM | Resistência | Reconstrução |

Fonte: DNER 011 (1979)

Onde:

D_p: deflexão de projeto;

R: raio de curvatura;

D_{adm}: deflexão admissível;

IGG: índice de Gravidade Global.

No critério de deflectométrico segundo DNER 011 (1979), a espessura necessária de reforço do pavimento deve ser estimada através dos resultados do levantamento deflectométrico executado para avaliação estrutural pela seguinte expressão:

$$h = K \times \log \frac{D_p}{D_{adm}}$$

onde,

h : espessura do reforço do pavimento em centímetros;

D_p : deflexão de projeto determinada para o subtrecho homogêneo, em centésimos de milímetro;

D_{adm} : deflexão admissível após a execução do reforço do pavimento, em centésimos de milímetro;

K : fator de redução de deflexão, próprio do material usado no reforço.

Para calcular a espessura de reforço do pavimento em termos de concreto betuminoso deve ser usado o valor de K igual a 40 (DNER 011, 1979).

A norma DNER 011 (1979), descreve que um valor mais exato a ser empregado ao fator K , para as características próprias do material empregado no reforço, pode ser calculado pela expressão:

$$K = \frac{h}{\log \frac{D_0}{D_r}}$$

onde:

K : fator de redução de deflexão, próprio do material usado no reforço;

h : espessura do reforço do pavimento em centímetros;

D_0 : deflexão medida na superfície do pavimento existente, antes da execução do reforço, em centésimos de milímetros;

D_r : deflexão medida na superfície do reforço, em centésimos de milímetros.

Em camadas múltiplas podem ser estudadas outras soluções para constituição das camadas inferiores do reforço do pavimento existente sempre que o dimensionamento indicar espessuras de reforço, em termos de concreto betuminoso, superiores a 5cm (DNER 011, 1979).

Tal espessura de concreto betuminoso pode ser substituída multiplicando a mesma pelo seguinte coeficiente:

$$\frac{2}{\text{coef. equiv. estrutural do material utilizado}}$$

O coeficiente equivalente estrutural do material utilizado pode ser determinado segundo a recomendação do DNER 011 (1979), mostrada na Tabela 14.

Tabela 14 - Coeficiente estrutural equivalente do material

| componentes do reforço do pavimento | coeficiente de equivalência estrutural |
|--|--|
| Concreto Betuminoso | 2,00 |
| Pré-misturado a quente de graduação densa | 1,70 |
| Pré-misturado a frio de graduação densa | 1,40 |
| Macadame betuminoso por penetração | 1,20 |
| Brita graduada com ISC > 80 | 1,10 |
| Material granular com ISC ≥ 60 | 1,00 |
| Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm ² | 1,70 |
| Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias entre 45 kg/cm ² e 28 kg/cm ² | 1,40 |
| Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias e inferior a 28 kg/cm ² | 1,00 |

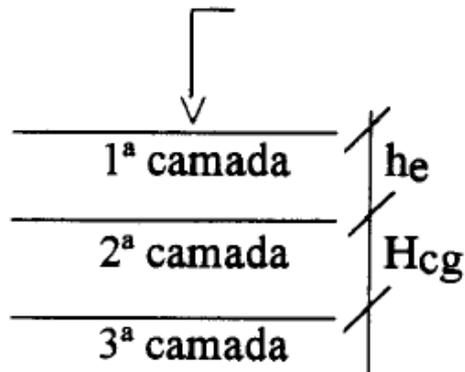
Fonte: DNER 011 (1979)

No dimensionamento pelo critério da resistência, as diversas camadas constituintes do pavimento existente e do reforço projetado devem ser atribuídos coeficientes de equivalência estrutural compatíveis com suas características, determinadas pelos ensaios de campo e de laboratório e pelas observações “*in situ*”, as quais poderão recomendar a execução de outros serviços complementares à execução do reforço, como, drenagem, obras nos acostamentos, remoção e reposição de materiais (DNER 011, 1979).

Outra forma de dimensionamento do reforço de pavimentos é a descrita pelo DNER-269 (1994), o qual apresenta alternativas em concreto asfáltico, em camadas integradas de concreto asfáltico e pré-misturado, em tratamento superficial e em lama asfáltica.

A norma DNER-269 (1994) descreve que para o cálculo do reforço é necessário primeiramente definir uma estrutura de referência, a qual é constituída por três camadas, com as respectivas espessuras, como pode ser visto na Figura 34.

Figura 34 - Estrutura de referência



Fonte: DNER 269 (1994)

A 1ª camada é a camada betuminosa, retirando a espessura (h_e) por meio de sondagens rotativas no revestimento e coleta de amostras, a 2ª camada é a camada granular onde são consideradas as camadas de base, sub-base e/ou reforço do subleito, determinado sua espessura total (H_{cg}), já a 3ª camada é a camada de solo, onde o mesmo deve ser classificado quanto às suas características resilientes, em função do valor do CBR e a porcentagem de silte-S, onde sua classificação pode ser vista na Tabela 15 (DNER-269, 1994).

Tabela 15 - Grupo de solos

| CBR % | S% | | |
|-------|------|---------|------|
| | ≤ 35 | 35 a 65 | > 65 |
| ≥ 10 | I | II | III |
| 6 a 9 | II | II | III |
| 2 a 5 | III | III | III |

Fonte: DNER 269 (1994)

A espessura efetiva (h_{ef}) das camadas pode ser calculada pela seguinte fórmula segundo DNER-269 (1994):

$$h_{ef} = -5,737 + \frac{807,961}{D_c} + 0,972 \times I_1 + 4,101 \times I_2$$

Onde,

hef : espessura efetiva, em cm;

D_c : deflexão característica;

I_1, I_2 : constantes relacionadas às características resilientes da terceira camada da estrutura de referência.

A norma DNER-269 (1994) descreve os parâmetros para a escolha das constantes I_1 e I_2 , como:

- Caso 1:
Espessura da camada granular (Hcg) é menor ou igual a 45 cm
3ª camada Tipo I: $I_1 = 0$ $I_2 = 0$;
3ª camada Tipo II: $I_1 = 1$ $I_2 = 0$;
3ª camada Tipo III: $I_1 = 0$ $I_2 = 1$.
- Caso 2:
Espessura da camada granular (Hcg) é maior que 45cm, adotar $I_1 = 0$ e $I_2 = 1$.
- Caso 3:
O hef calculado deve estar compreendido entre os intervalo $0 \leq hef \leq he$, onde se $hef < 0$, adotar $hef = 0$, mas se $hef > he$ adotar $hef = he$.
- Caso 4:
Quando o grau de trincamento do revestimento for superior a 50% ou a soma de FC-2 + FC-3 > 80% e FC-3 > 30% pode ser conveniente adotar o limite inferior do hef , bem como considerar a solução de recapeamento em camadas integradas de CBUQ e pré-misturado, com a finalidade de minimizar o fenômeno de reflexão de trincas no revestimento projetado.

Para o cálculo da deflexão máxima admissível de projeto, é utilizada a seguinte fórmula para se calcular segundo o critério da fadiga da norma DNER-269 (1994):

$$\log \bar{D} = 3,148 - 0,188 \log N_p$$

Onde,

\bar{D} : deflexão máxima admissível, 0,01mm;

N_p : número cumulativo de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão.

O cálculo do reforço é dado pela seguinte fórmula (DNER-269, 1994):

$$HR = -19,015 + \frac{238,14}{\sqrt{D}} - 1,357 \times hef + 1,016I_1 + 3,893I_2$$

Onde,

HR: espessura da camada de reforço em concreto asfáltico, em cm.

Quanto à altura do reforço, é recomendado analisar a construção de reforço com camadas de pré-misturado juntamente com concreto asfáltico (DNER-269, 1994):

- Caso 1

Para $3 < HR \leq 12,5$ cm é recomendado a subdivisão em camadas integradas de CBUQ e pré-misturado ou camada única de CBUQ (binder e capa), são alternativas que podem ser consideradas a partir das condições de superfície existente, contemplando as características de deformabilidade das misturas betuminosas a serem utilizadas;

- Caso 2

Para $12,5 < HR \leq 25$ cm é recomendada a adoção de camadas integradas dos tipos CBUQ e pré-misturado, de acordo com o seguinte procedimento:

$$H_{pm} = 0,60HR$$

$$H_{CA} = HR - H_{pm}$$

Onde,

H_{pm} : espessura de pré-misturado, em cm;

H_{CA} : espessura de concreto asfáltico, em cm;

HR: espessura de reforço em concreto asfáltico.

- Caso 3

Para $HR > 25$ cm as camadas integradas não devem ser constituídas exclusivamente de misturas betuminosas. Deve-se verificar a necessidade de remoção do revestimento existente ou camadas subjacentes, com a reconstrução da estrutura do pavimento;

- Caso 4

Para $HR < 3$ cm e a partir da análise da condição do pavimento existente, poderão ser contempladas soluções com lama asfáltica ou tratamento superficial.

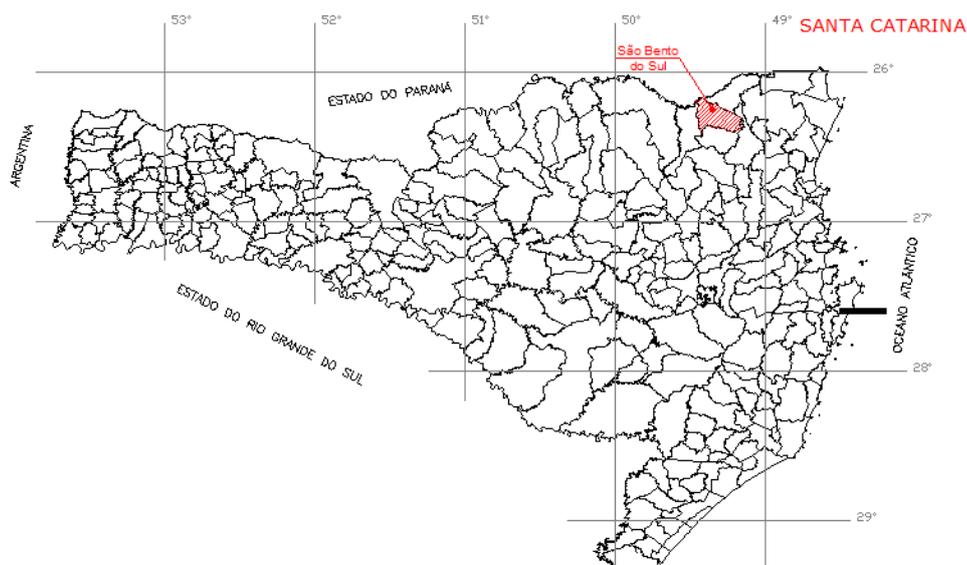
3 METODOLOGIA

Para obtenção dos dados teóricos acerca do tema, esta pesquisa se baseou em normas técnicas, manuais de pavimentação, artigos, livros, teses, alcançando embasamento teórico das patologias em revestimento asfáltico do pavimento flexível e suas recuperações, além da forma de avaliação do pavimento flexível conforme manuais e normas do DNIT.

Após ter adquirido embasamento teórico foi realizado o levantamento de dados em projetos e relatórios da empresa Azimute Engenheiros Consultores SC Ltda para avaliar as patologias e consultar o inventário de um pavimento.

A estrada escolhida para análise foi o acesso estadual AE-280B, também conhecido como acesso sul de São Bento do Sul, com início (Km 0,000) na interseção com a BR-280, no município de São Bento do Sul, até (Km 4,100) seu ponto final, na rótula de interseção com a Rua Otto Eduardo Lepper, em frente a fiação São Bento, possuindo uma extensão de 4,1Km. A localização do município no estado de Santa Catarina e do acesso estadual é ilustrada no Mapa 1 e Mapa 2.

**Mapa 1 - Localização do município no estado de Santa Catarina
onde se encontra o acesso em estudo**



Fonte: Adaptado Azimute (2014)

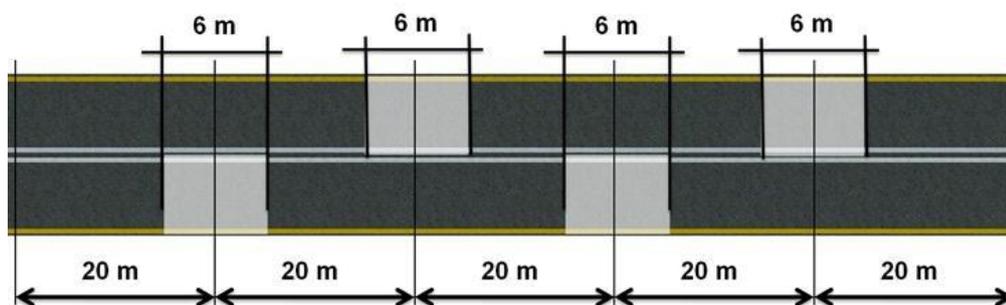
Mapa 2 – Localização do trecho AE-280B que foi estudado



Fonte: Adaptado DEINFRA (2013)

O acesso foi inventariado seguindo a norma do DNIT 006 PRO, ou seja, subdividindo o acesso em estações, espaçadas a cada 20 metros uma das outras, em faixas alternadas. Sendo que a área inventariada de cada estação foi 3 metros para montante e 3 metros para jusante do ponto marcado, conforme pode ser visto na Figura 35.

Figura 35 - Área inventariada



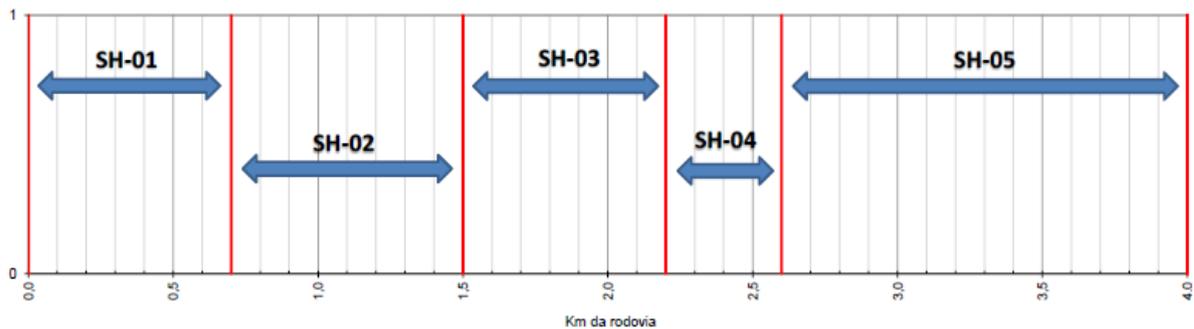
Fonte: Souza (2011)

O acesso, para melhor caracterização e mais precisa avaliação e classificação foi dividida em subtrechos, com as mesmas características funcionais e estruturais, sendo levado em consideração os seguintes pontos:

- Condições de tráfego;
- Condições geotécnicas;
- Condições estruturais;
- Condições de rolamento;
- Condições de superfície.

Sendo assim o trecho foi subdividido em cinco subtrechos, os quais podem ser vistos na Figura 36.

Figura 36 - Divisão dos subtrechos homogêneos



Fonte: Azimute (2014)

Com esta divisão, os dados foram agrupados conforme seu subtrecho homogêneo como dito anteriormente, para sua melhor caracterização. A Tabela 16 mostra o estaqueamento e a extensão de cada subtrecho.

Tabela 16 - Extensões dos subtrechos

| SH | INÍCIO (KM) | FINAL (KM) | EXTENSÃO (M) |
|----|-------------|------------|--------------|
| 1 | 0,000 | 0,700 | 700,0 |
| 2 | 0,700 | 1,500 | 800,0 |
| 3 | 1,500 | 2,200 | 700,0 |
| 4 | 2,200 | 2,600 | 400,0 |
| 5 | 2,600 | 4,100 | 1.500,0 |

Fonte: Azimute (2014)

Conhecida a área a ser inventariada e os tipos das patologias existentes nos pavimentos flexíveis, foi aplicado o modelo de planilha da norma DNIT 006 PRO (Tabela 3) desde o início do trecho no Km 0,0 até o ponto final no Km 4,1.

Após o inventário todo realizado, pode-se assim dar início ao agrupamento dos dados segundo os subtrechos que foram subdivididos após o conhecimento de todas as características do pavimento em questão.

Com os dados agrupados, foi feita a classificação do mesmo, para assim o caracterizar, conforme o modelo de cálculo proposto pela norma do DNIT 006 PRO, demonstrado já na Tabela 5, sendo assim possível o cálculo do IGG.

As medições das deflexões foram realizadas com a viga benkelman para o estudo deflectométrico e o levantamento das irregularidades com o perfilômetro laser, onde tais dados foram fornecidos pelo Departamento de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA). Já a medição do afundamento da trilha de roda foi realizada com o auxílio da treliça metálica.

Para uma análise completa do pavimento foram utilizados conceitos e parâmetros de cálculos demonstrados no capítulo de avaliação estrutural do pavimento, sendo que os parâmetros de afundamento da trilha de roda, a irregularidade longitudinal e deflexões, analisados junto com o IGG forneceram uma visão do pavimento na superfície e na sua condição estrutural.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O acesso estadual é composto por duas faixas de 3,50 m de largura, em cada sentido, sendo assim um total de 7,00 m no seu geral. Não há acostamento, apenas alguns alargamentos no seu trecho urbano, a Figura 37 mostra a seção tipo do pavimento que foi estudado.

Figura 37 - Seção tipo do pavimento



Fonte: Azimute (2014)

A avaliação superficial do pavimento foi realizada de acordo com a norma DNIT 006 (2003b), onde os dados levantados na via foram agrupados de acordo com os segmentos homogêneos que foram determinados conforme mencionado no item 3.

Para obter os parâmetros de avaliação do pavimento e definir a solução para restauração da via, foi calculado para cada subtrecho homogêneo a média das flechas, o IGG, QI e as deflexões características.

4.1 SUBTRECHO HOMOGÊNEO 01

No subtrecho 01 que tem a extensão de 700 metros, com início na estaca 0,000 até a estaca 0,700, foram obtidos todos os parâmetros para avaliação do pavimento, onde teve uma área de 756 m² inventariada, com 36 estações para realização do inventário. O Apêndice A mostra todas as patologias detectadas no subtrecho 01.

A Tabela 17 mostra todas as medidas de flechas retiradas com a treliça metálica dos afundamentos da trilha de roda, tanto na trilha de roda interna como na externa, sendo todas as medidas em milímetros.

Tabela 17 - Flechas subtrecho 01

| Segmento homogêneo 01 | | |
|-----------------------|----------|----------|
| Estaqueamento | Flecha | |
| | TRI (mm) | TRI (mm) |
| 0,000 | 2 | 1 |
| 0,020 | 1 | 1 |
| 0,040 | 2 | 2 |
| 0,060 | 0 | 2 |
| 0,080 | 1 | 2 |
| 0,100 | 1 | 4 |
| 0,120 | 0 | 0 |
| 0,140 | 0 | 4 |
| 0,160 | 0 | 1 |
| 0,180 | 0 | 4 |
| 0,200 | 0 | 6 |
| 0,220 | 3 | 3 |
| 0,240 | 0 | 0 |
| 0,260 | 0 | 0 |
| 0,280 | 0 | 1 |
| 0,300 | 0 | 3 |
| 0,320 | 2 | 12 |
| 0,340 | 0 | 4 |
| 0,360 | 0 | 0 |
| 0,380 | 0 | 2 |
| 0,400 | 11 | 1 |
| 0,420 | 0 | 3 |
| 0,440 | 5 | 4 |
| 0,460 | 0 | 0 |
| 0,480 | 6 | 0 |
| 0,500 | 0 | 0 |
| 0,520 | 0 | 0 |
| 0,540 | 0 | 3 |
| 0,560 | 0 | 2 |
| 0,580 | 0 | 2 |
| 0,600 | 0 | 1 |
| 0,620 | 0 | 6 |
| 0,640 | 2 | 24 |
| 0,660 | 9 | 2 |
| 0,680 | 0 | 5 |
| 0,700 | 5 | 1 |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Com todas as flechas medidas no subtrecho pode-se fazer a média das mesmas para assim auxiliar no cálculo do IGG que irá classificar o pavimento. A média consiste na soma

de todas as flechas separadas em trilha de roda interna e externa, dividida pelo número de estações, o cálculo pode ser visto na Tabela 18.

Tabela 18 - Média das flechas subtrecho 01

| Média das flechas | | |
|--------------------|----------|----------|
| | TRI (mm) | TER (mm) |
| Somatório | 50 | 106 |
| Número de estações | 36 | |
| Média | 1,39 | 2,94 |

Fonte: O autor (2014)

Após todos os dados levantados, com o inventário do subtrecho concluído, foi calculado o IGG. Para ter uma melhor facilidade e segurança no cálculo foi usado o modelo de planilha sugerida pela norma do DNIT 006, com os fatores de ponderações retirados da Tabela 6, o IGG do subtrecho 01 foi calculado conforme Tabela 19, chegando no valor de IGG igual a 95,2.

Tabela 19 - Cálculo do IGG subtrecho 01

| Item | Defeito | fa | n | fr | fp | IGI |
|------|----------------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| 1 | Trincas isoladas - FC 1 | 17 | 36 | 47,22 | 0,2 | 9,4 |
| 2 | Trincas interligadas - FC 2 | 16 | 36 | 44,44 | 0,5 | 22,2 |
| 3 | Trincas interligadas - FC 3 | 8 | 36 | 22,22 | 0,8 | 17,8 |
| 4 | Afundamento | 0 | 36 | 0,00 | 0,9 | 0,0 |
| 5 | O, P e E | 1 | 36 | 2,78 | 1 | 2,8 |
| 6 | EX | 1 | 36 | 2,78 | 0,5 | 1,4 |
| 7 | D | 31 | 36 | 86,11 | 0,3 | 25,8 |
| 8 | R | 0 | 36 | 0,00 | 0,6 | 0,0 |
| 9 | Média das flechas | TRI | 1,39 | 2,17 | 1,33 | 2,9 |
| | | TRE | 2,94 | | | |
| 10 | Média das variâncias das flechas | TRI v | 7,04 | 12,89 | 1 | 12,9 |
| | | TREv | 18,74 | | | |
| | Número de estações | 36 | | | IGG | 95,2 |
| | Área total inventariada | 756 | | | | |

Fonte: O autor (2014)

A deflexão que é um parâmetro estrutural e representa a diferença de leituras na estação com aplicação de carga por eixo padrão, foi aferida entre os lados da pista (direito e esquerdo) seguindo o estaqueamento da Tabela 20 e Tabela 21, onde os dados foram obtidos pelo uso do equipamento chamado de viga benkelman, onde a mesma possui uma constante de 2,032 o qual é calculado pela relação entre os braços da viga. As medidas das leituras a 25cm para auxiliar no cálculo do raio de curvatura, foi realizada de cinco em cinco estacas conforme orientações do Termo de Referência do projeto estudado.

Tabela 20 - Leituras de deflexão lado direito do subtrecho 01

| Lado direito | | | | | | |
|--------------|--------|-----|-----|-----|--------------|----------|
| km | Estaca | d0 | df | d25 | Deflexão | R. Curv. |
| 0,020 | 2 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 0,060 | 4 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 0,080 | 5 | 500 | 470 | 485 | 61,0 | 103 |
| 0,100 | 6 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,140 | 8 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 0,180 | 10 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,220 | 12 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 0,260 | 14 | 500 | 451 | | 99,6 | |
| 0,280 | 15 | 500 | 474 | 488 | 52,8 | 128 |
| 0,300 | 16 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 0,340 | 18 | 500 | 473 | | 54,9 | |
| 0,380 | 20 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 0,420 | 22 | 500 | 450 | | 101,6 | |
| 0,460 | 24 | 500 | 443 | | 115,8 | |
| 0,480 | 25 | 500 | 462 | 485 | 77,2 | 103 |
| 0,500 | 26 | 500 | 457 | | 87,4 | |
| 0,540 | 28 | 500 | 445 | | 111,8 | |
| 0,580 | 30 | 500 | 453 | | 95,5 | |
| 0,620 | 32 | 500 | 452 | | 97,5 | |
| 0,660 | 34 | 500 | 447 | | 107,7 | |
| 0,680 | 35 | 500 | 460 | 485 | 81,3 | 103 |
| 0,700 | 36 | 500 | 454 | | 93,5 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 21 - Leituras de deflexão lado esquerdo do subtrecho 01

| Lado esquerdo | | | | | | |
|---------------|--------|-----|-----|-----|----------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 0,000 | 1 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 0,040 | 3 | 500 | 450 | | 101,6 | |
| 0,080 | 5 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 0,120 | 7 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 0,160 | 9 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 0,180 | 10 | 500 | 470 | 488 | 61,0 | 128 |
| 0,200 | 11 | 500 | 372 | | 260,1 | |
| 0,240 | 13 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 0,280 | 15 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 0,320 | 17 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,360 | 19 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 0,380 | 20 | 500 | 480 | 490 | 40,6 | 154 |
| 0,400 | 21 | 500 | 472 | | 56,9 | |
| 0,440 | 23 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 0,480 | 25 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 0,520 | 27 | 500 | 435 | | 132,1 | |
| 0,560 | 29 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 0,580 | 30 | 500 | 476 | 489 | 48,8 | 140 |
| 0,600 | 31 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 0,640 | 33 | 500 | 455 | | 91,4 | |
| 0,680 | 35 | 500 | 471 | | 58,9 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

As medidas de deflexões neste subtrecho podem ser avaliadas pela deflexão característica, a qual foi calculada segundo a norma do DNER 011 (1979). O cálculo é demonstrado na Tabela 22, o valor de z depende do número n , e esta relação é encontrada na Tabela 9, onde calculando os parâmetros necessários, chega-se em um valor de deflexão característica igual a 97,74.

Tabela 22 - Deflexão característica do subtrecho 01

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | Dc |
|----|---|-------|--------|------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 42 | 3 | 78,04 | 19,70 | 0,25 | 137,14 | 18,93 | 260,10 | 40,64 | 97,74 |

Fonte: O autor (2014)

O valor “ n ” foi obtido pela soma das estações, calculando assim o intervalo de aceitação da amostra conforme a norma DNER 011 (1979), onde verificou-se um valor fora do intervalo de aceitação. Assim excluiu-se este valor do intervalo e do número de estações, calculando os parâmetros novamente conforme mostrado na Tabela 22.

A irregularidade longitudinal encontrada no subtrecho 01 obtida pelo perfilômetro laser pode ser vista na Tabela 23. Neste subtrecho foram realizadas 7 leituras.

Tabela 23 - Leituras da Irregularidade Longitudinal do subtrecho 01

| Lado Esquerdo | | | | | Lado Direito | | | | |
|---------------|----------|------------|---------|-------|--------------|----------|------------|---------|-------|
| Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | | Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | |
| | | Interna | Externa | Média | | | Interna | Externa | Média |
| 0+070 | 0+070 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 0+177 | 0+378 | 3,08 | 2,84 | 2,96 |
| 0+274 | 0+070 | 2,76 | 2,92 | 2,84 | 0+378 | 0+575 | 2,28 | 2,51 | 2,39 |
| 0+474 | 0+274 | 4,18 | 5,16 | 4,67 | 0+575 | 0+774 | 3,04 | 2,38 | 2,71 |
| 0+674 | 0+474 | 2,52 | 3,11 | 2,82 | - | - | - | - | - |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

A irregularidade característica do subtrecho é calculada conforme o agrupamento de dados de amostras do DNIT 011 (1979), o cálculo pode ser visto na Tabela 24, calculando a média e o desvio padrão das leituras, realizando o intervalo de aceitação da amostra, chegando em um valor de QI igual a 49,01, onde o mesmo é 13 vezes o IRIc.

Tabela 24 - Irregularidade característica do subtrecho 01

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | IRIc | QIc |
|---|-----|-------|--------|------|-----------|-----------|-------|-------|------|-------|
| 7 | 2,5 | 3,02 | 0,75 | 0,25 | 4,89 | 1,15 | 2,96 | 2,39 | 3,77 | 49,01 |

Fonte: O autor (2014)

4.2 SUBTRECHO HOMOGENEO 02

O subtrecho 02 possui uma extensão de 800 metros, iniciando na estaca 0 + 700m até a estaca 1 + 500m, o qual teve uma área inventariada de 861 m², correspondente a 41 estações. Com auxílio da norma DNIT 005 TER onde define as patologias, foram levantadas todas as patologias existentes no subtrecho, que podem ser vistas no Apêndice B. Toda metodologia de cálculo do subtrecho foi similar a do subtrecho 01.

As flechas do subtrecho foram obtidas pelo auxílio da treliça metálica. As mesmas foram medidas nas trilhas de rodas onde apresentaram as maiores flechas. As medidas são apresentadas na Tabela 25, todos os valores são em milímetros.

Tabela 25 - Flechas segmento homogêneo 02

| Segmento homogêneo 02 | | | Segmento homogêneo 02 | | |
|-----------------------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|
| Estaqueamento | Flecha | | Estaqueamento | Flecha | |
| | TRI (mm) | TRE (mm) | | TRI (mm) | TRE (mm) |
| 0,700 | 5 | 1 | 1,120 | 0 | 1 |
| 0,720 | 0 | 5 | 1,140 | 1 | 4 |
| 0,740 | 1 | 1 | 1,160 | 0 | 0 |
| 0,760 | 3 | 4 | 1,180 | 3 | 1 |
| 0,780 | 0 | 0 | 1,200 | 0 | 0 |
| 0,800 | 0 | 0 | 1,220 | 5 | 6 |
| 0,820 | 2 | 5 | 1,240 | 0 | 2 |
| 0,840 | 0 | 2 | 1,260 | 6 | 1 |
| 0,860 | 1 | 4 | 1,280 | 4 | 0 |
| 0,880 | 1 | 2 | 1,300 | 0 | 0 |
| 0,900 | 1 | 0 | 1,320 | 4 | 0 |
| 0,920 | 0 | 0 | 1,340 | 4 | 2 |
| 0,940 | 0 | 0 | 1,360 | 0 | 3 |
| 0,960 | 0 | 3 | 1,380 | 3 | 0 |
| 0,980 | 1 | 2 | 1,400 | 0 | 1 |
| 1,000 | 0 | 1 | 1,420 | 1 | 1 |
| 1,020 | 0 | 2 | 1,440 | 2 | 2 |
| 1,040 | 2 | 4 | 1,460 | 0 | 0 |
| 1,060 | 0 | 3 | 1,480 | 0 | 0 |
| 1,080 | 7 | 1 | 1,500 | 3 | 0 |
| 1,100 | 3 | 1 | | | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

A média das flechas que consiste no afundamento do pavimento é calculada com a soma dos valores da Tabela 25, dividindo o somatório pelo número de estações. O cálculo pode ser visto na Tabela 26.

Tabela 26 - Média das flechas do segmento 02

| Média das flechas | | |
|--------------------|----------|----------|
| | TRI (mm) | TER (mm) |
| Somatório | 63 | 65 |
| Número de estações | 41 | |
| Média | 1,54 | 1,59 |

Fonte: O autor (2014)

O cálculo do IGG seguiu a norma do DNIT 006, o qual utiliza como base o inventário do pavimento e as medidas das flechas para ver quais patologias e a frequência com que se apresentam no subtrecho 02. Como pode ser visto na Tabela 27, o IGG do subtrecho calculado foi de 56,3.

Tabela 27 - Cálculo do IGG no subtrecho 02

| Item | Defeito | fa | n | fr | fp | IGI |
|------|----------------------------------|-------|------|-------|------|------|
| 1 | Trincas isoladas - FC 1 | 19 | 41 | 46,34 | 0,2 | 9,3 |
| 2 | Trincas interligadas - FC 2 | 12 | 41 | 29,27 | 0,5 | 14,6 |
| 3 | Trincas interligadas - FC 3 | 3 | 41 | 7,32 | 0,8 | 5,9 |
| 4 | Afundamento | 0 | 41 | 0,00 | 0,9 | 0,0 |
| 5 | O, P e E | 0 | 41 | 0,00 | 1 | 0,0 |
| 6 | EX | 0 | 41 | 0,00 | 0,5 | 0,0 |
| 7 | D | 29 | 41 | 70,73 | 0,3 | 21,2 |
| 8 | R | 0 | 41 | 0,00 | 0,6 | 0,0 |
| 9 | Média das flechas | TRI | 1,54 | 1,56 | 1,33 | 2,1 |
| | | TRE | 1,59 | | | |
| 10 | Média das variâncias das flechas | TRI v | 3,75 | 3,28 | 1 | 3,3 |
| | | TREv | 2,80 | | | |
| | Número de estações | 41 | | | IGG | 56,3 |
| | Área total inventariada | 861 | | | | |

Fonte: O autor (2014)

A deflexão do subtrecho 02 foi também levantada pelo o equipamento viga benkelman, o qual possui uma constante de 2,032, onde é a relação entre o braço da mesma. As leituras obtidas podem ser visualizadas na Tabela 28 e Tabela 29, as quais foram realizadas em 49 estações.

Tabela 28 – Deflexões do lado direito no subtrecho 02

| Lado direito | | | | | | |
|--------------|--------|-----|-----|-----|--------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 0,700 | 36 | 500 | 454 | | 93,5 | |
| 0,740 | 38 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,780 | 40 | 500 | 454 | | 93,5 | |
| 0,820 | 42 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,860 | 44 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 0,880 | 45 | 500 | 470 | 490 | 61,0 | 153,8 |
| 0,900 | 46 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 0,940 | 48 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 0,980 | 50 | 500 | 452 | | 97,5 | |
| 1,020 | 52 | 500 | 453 | | 95,5 | |
| 1,060 | 54 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 1,080 | 55 | 500 | 470 | 490 | 61,0 | 153,8 |
| 1,100 | 56 | 500 | 456 | | 89,4 | |
| 1,140 | 58 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 1,180 | 60 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 1,220 | 62 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 1,260 | 64 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 1,280 | 65 | 500 | 469 | 488 | 63,0 | 128,2 |
| 1,300 | 66 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 1,340 | 68 | 500 | 445 | | 111,8 | |
| 1,380 | 70 | 500 | 450 | | 101,6 | |
| 1,420 | 72 | 500 | 450 | | 101,6 | |
| 1,460 | 74 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,480 | 75 | 500 | 477 | 489 | 46,7 | 140 |
| 1,500 | 76 | 500 | 455 | | 91,4 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 29 - Deflexões lado esquerdo so subtrecho 02

| Lado esquerdo | | | | | | |
|---------------|--------|-----|-----|-----|-------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 0,720 | 37 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,760 | 39 | 500 | 475 | | 50,8 | |
| 0,780 | 40 | 500 | 481 | 490 | 38,6 | 153,8 |
| 0,800 | 41 | 500 | 472 | | 56,9 | |
| 0,840 | 43 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 0,880 | 45 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 0,920 | 47 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 0,960 | 49 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 0,980 | 50 | 500 | 473 | 487 | 54,9 | 118,3 |
| 1,000 | 51 | 500 | 471 | | 58,9 | |
| 1,040 | 53 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 1,080 | 55 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 1,120 | 57 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 1,160 | 59 | 500 | 475 | | 50,8 | |
| 1,180 | 60 | 500 | 485 | 494 | 30,5 | 256,3 |
| 1,200 | 61 | 500 | 472 | | 56,9 | |
| 1,240 | 63 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,280 | 65 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 1,320 | 67 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,360 | 69 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 1,380 | 70 | 500 | 463 | 483 | 75,2 | 90,5 |
| 1,400 | 71 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 1,440 | 73 | 500 | 466 | | 69,1 | |
| 1,480 | 75 | 500 | 470 | | 61,0 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Com base nas leituras das deflexões dos subtrechos foi realizado o cálculo da deflexão característica que segue a norma DNIT 011, onde se realizou primeiramente a avaliação amostral para o agrupamento dos dados. O cálculo pode ser visto na Tabela 30, o qual gerou uma deflexão característica de 86,52.

Tabela 30 - Deflexão característica subtrecho 02

| n | z | Média | Desvio | cv | Intervalo | Intervalo | Maior | Menor | Dc |
|----|---|-------|--------|------|-----------|-----------|--------|-------|--------------|
| 49 | 3 | 69,71 | 16,81 | 0,24 | 120,14 | 19,28 | 111,76 | 30,48 | 86,52 |

Fonte: O autor (2014)

As medidas de irregularidade do subtrecho 02 foram realizadas com o perfilômetro a laser, realizando um total de 9 segmentos de leituras, tanto na trilha de roda interna como na externa, fazendo assim uma média para obter o valor de irregularidade de cada um dos segmentos, conforme a Tabela 31.

Tabela 31 - Leituras de Irregularidade longitudinal do segmento 02

| Lado Esquerdo | | | | | Lado Direito | | | | |
|---------------|----------|------------|---------|-------|--------------|----------|------------|---------|-------|
| Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | | Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | |
| | | Interna | Externa | Média | | | Interna | Externa | Média |
| 0+870 | 0+674 | 2,15 | 2,61 | 2,38 | 0+774 | 0+971 | 2,09 | 1,95 | 2,02 |
| 1+064 | 0+870 | 2,41 | 2,52 | 2,46 | 0+971 | 1+166 | 2,91 | 2,5 | 2,71 |
| 1+261 | 1+064 | 3,26 | 3,67 | 3,47 | 1+166 | 1+363 | 1,98 | 1,9 | 1,94 |
| 1+463 | 1+261 | 3,06 | 3,23 | 3,15 | 1+363 | 1+561 | 1,91 | 1,66 | 1,79 |
| 1+665 | 1+463 | 1,77 | 2,03 | 1,9 | - | - | - | - | - |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

A irregularidade longitudinal característica segue o modelo de avaliação amostral das deflexões, realizando o intervalo de aceitação das leituras, onde neste segmento todas as leituras realizadas ficaram no determinado intervalo. Sendo assim todos os valores foram utilizados para o cálculo do valor característico do subtrecho 02, o mesmo é demonstrado na Tabela 32.

Tabela 32 - Irregularidade característica do subtrecho 02

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | IRIc | QIc |
|---|------|-------|--------|------|-----------|-----------|-------|-------|------|-------|
| 9 | 2,50 | 2,42 | 0,59 | 0,24 | 3,90 | 0,95 | 3,47 | 1,79 | 3,01 | 39,18 |

Fonte: O autor (2014)

4.3 SUBTRECHO HOMOGÊNEO 03

O subtrecho 03 é delimitado da estaca 1 + 500 até a estaca 2 + 200, com uma extensão de 700 metros, sendo inventariada uma área total de 756 m², subdivida em 36 estações. O inventário deste subtrecho pode ser visto no Apêndice C, o qual demonstra todas as patologias encontradas neste segmento, onde seguiu – se a norma DNIT 005 TER para a classificação. A metodologia de cálculo foi similar a dos subtrecho 01 e 02.

Os afundamentos da trilha de roda, ou seja, as flechas do pavimento podem ser vistas na Tabela 33, os mesmos foram obtidos por leituras com auxílio da treliça metálica, sendo feito em todas as 36 estações, fazendo assim a média, para encontrar um valor mediano que represente o subtrecho 03, conforme a Tabela 34.

Tabela 33 - Leituras das flechas do subtrecho 03

| Segmento homogêneo 03 | | | Segmento homogêneo 03 | | |
|-----------------------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|
| Estaqueamento | Flecha | | Estaqueamento | Flecha | |
| | TRI (mm) | TRE (mm) | | TRI (mm) | TRE (mm) |
| 1,500 | 3 | 0 | 1,860 | 0 | 0 |
| 1,520 | 2 | 3 | 1,880 | 0 | 3 |
| 1,540 | 0 | 0 | 1,900 | 0 | 5 |
| 1,560 | 0 | 0 | 1,920 | 0 | 4 |
| 1,580 | 2 | 0 | 1,940 | 3 | 1 |
| 1,600 | 3 | 2 | 1,960 | 2 | 0 |
| 1,620 | 3 | 2 | 1,980 | 2 | 1 |
| 1,640 | 0 | 0 | 2,000 | 0 | 1 |
| 1,660 | 2 | 1 | 2,020 | 0 | 2 |
| 1,680 | 0 | 0 | 2,040 | 2 | 5 |
| 1,700 | 1 | 4 | 2,060 | 0 | 0 |
| 1,720 | 0 | 3 | 2,080 | 2 | 4 |
| 1,740 | 3 | 5 | 2,100 | 4 | 14 |
| 1,760 | 0 | 3 | 2,120 | 3 | 6 |
| 1,780 | 0 | 1 | 2,140 | 1 | 0 |
| 1,800 | 2 | 1 | 2,160 | 0 | 0 |
| 1,820 | 1 | 0 | 2,180 | 0 | 0 |
| 1,840 | 5 | 3 | 2,200 | 0 | 2 |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 34 - Média das flechas do subtrecho 03

| Média das flechas | | |
|--------------------|----------|----------|
| | TRI (mm) | TER (mm) |
| Somatório | 46 | 76 |
| Número de estações | 36 | |
| Média | 1,28 | 2,11 |

Fonte: O autor (2014)

O cálculo do IGG do subtrecho 03, utilizou como base o inventário do pavimento e as flechas das trilhas de roda, seu cálculo pode ser visto na Tabela 35.

Tabela 35 - Cálculo do IGG do subtrecho 03

| Item | Defeito | fa | n | fr | fp | IGI |
|------|----------------------------------|-------|------|-------|------|------|
| 1 | Trincas isoladas - FC 1 | 16 | 36 | 44,44 | 0,2 | 8,9 |
| 2 | Trincas interligadas - FC 2 | 11 | 36 | 30,56 | 0,5 | 15,3 |
| 3 | Trincas interligadas - FC 3 | 7 | 36 | 19,44 | 0,8 | 15,6 |
| 4 | Afundamento | 0 | 36 | 0,00 | 0,9 | 0,0 |
| 5 | O, P e E | 1 | 36 | 2,78 | 1 | 2,8 |
| 6 | EX | 0 | 36 | 0,00 | 0,5 | 0,0 |
| 7 | D | 21 | 36 | 58,33 | 0,3 | 17,5 |
| 8 | R | 0 | 36 | 0,00 | 0,6 | 0,0 |
| 9 | Média das flechas | TRI | 1,28 | 1,69 | 1,33 | 2,3 |
| | | TRE | 2,11 | | | |
| 10 | Média das variâncias das flechas | TRI v | 2,03 | 4,75 | 1 | 4,8 |
| | | TREv | 7,47 | | | |
| | Número de estações | 36 | | | IGG | 67,0 |
| | Área total inventariada | 756 | | | | |

Fonte: O autor (2014)

As leituras de deflexões obtidas através da viga benkelman do subtrecho 03 podem ser vistas na Tabela 36 e Tabela 37, onde foram realizadas um total de 43 leituras, sendo realizadas tanto no lado esquerdo quanto no lado direito da pista.

Tabela 36 - Leituras das deflexões do lado direito do subtrecho 03

| Lado direito | | | | | | |
|--------------|--------|-----|-----|-----|-------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 1,500 | 76 | 500 | 455 | | 91,4 | |
| 1,540 | 78 | 500 | 478 | | 44,7 | |
| 1,580 | 80 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 1,620 | 82 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,660 | 84 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 1,680 | 85 | 500 | 481 | 494 | 38,6 | 256,3 |
| 1,700 | 86 | 500 | 457 | | 87,4 | |
| 1,740 | 88 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 1,780 | 90 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,820 | 92 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 1,860 | 94 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 1,880 | 95 | 500 | 480 | 491 | 40,6 | 171,0 |
| 1,900 | 96 | 500 | 452 | | 97,5 | |
| 1,940 | 98 | 500 | 453 | | 95,5 | |
| 1,980 | 100 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 2,020 | 102 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 2,060 | 104 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 2,080 | 105 | 500 | 478 | 491 | 44,7 | 170,9 |
| 2,100 | 106 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 2,140 | 108 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 2,180 | 110 | 500 | 468 | | 65,0 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 37 - Leituras das deflexões do lado esquerdo do subtrecho 03

| Lado esquerdo | | | | | | |
|---------------|--------|-----|-----|-----|-------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 1,520 | 77 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 1,560 | 79 | 500 | 458 | | 85,3 | |
| 1,580 | 80 | 500 | 463 | 481 | 75,2 | 80,9 |
| 1,600 | 81 | 500 | 473 | | 54,9 | |
| 1,640 | 83 | 500 | 476 | | 48,8 | |
| 1,680 | 85 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 1,720 | 87 | 500 | 473 | | 54,9 | |
| 1,760 | 89 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 1,780 | 90 | 500 | 472 | 487 | 56,9 | 118,3 |
| 1,800 | 91 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,840 | 93 | 500 | 475 | | 50,8 | |
| 1,880 | 95 | 500 | 471 | | 58,9 | |
| 1,920 | 97 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 1,960 | 99 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 1,980 | 100 | 500 | 467 | 485 | 67,1 | 102,5 |
| 2,000 | 101 | 500 | 476 | | 48,8 | |
| 2,040 | 103 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 2,080 | 105 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 2,120 | 107 | 500 | 478 | | 44,7 | |
| 2,160 | 109 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 2,180 | 110 | 500 | 485 | 490 | 30,5 | 153,8 |
| 2,200 | 111 | 500 | 466 | | 69,1 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Para o cálculo da deflexão característica seguiu – se a norma DNIT 011, no agrupamento dos dados da amostra, observando seu intervalo de aceitação, para tanto neste segmento todos os valores ficaram dentro deste intervalo, com isso foi obtida uma deflexão característica de 80,26, conforme calculado na Tabela 38.

Tabela 38 - Deflexão característica do subtrecho 03

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | Dc |
|----|---|-------|--------|------|-----------|-----------|-------|-------|--------------|
| 43 | 3 | 64,60 | 15,66 | 0,24 | 111,58 | 17,61 | 97,54 | 30,48 | 80,26 |

Fonte: O autor (2014)

A Irregularidade longitudinal foi aferida em 8 segmentos, realizando a médias das medidas das trilhas de rodas internos e externos, tais leituras podem ser visualizadas na Tabela 39.

Tabela 39 - Irregularidade longitudinal do subtrecho 03

| Lado Esquerdo | | | | | Lado Direito | | | | |
|---------------|----------|------------|---------|-------|--------------|----------|------------|---------|-------|
| Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | | Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | |
| | | Interna | Externa | Média | | | Interna | Externa | Média |
| 1+665 | 1+463 | 1,77 | 2,03 | 1,9 | 1+561 | 1+762 | 3,2 | 3,29 | 3,25 |
| 1+865 | 1+665 | 2,36 | 3,35 | 2,85 | 1+762 | 1+964 | 1,76 | 2,77 | 2,26 |
| 2+065 | 1+865 | 1,66 | 2,3 | 1,98 | 1+964 | 2+164 | 2,17 | 2,49 | 2,33 |
| 2+266 | 2+065 | 2,58 | 2,49 | 2,53 | 2+164 | 2+368 | 2,11 | 1,96 | 2,03 |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Para o cálculo da irregularidade característica foi utilizado o agrupamento de dados amostrais da norma DNIT 011, onde pode ser visto na Tabela 40.

Tabela 40 - Irregularidade característica do subtrecho 03

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | IRIc | QIc |
|---|------|-------|--------|------|-----------|-----------|-------|-------|------|-------|
| 8 | 2,50 | 2,39 | 0,47 | 0,20 | 3,56 | 1,22 | 3,25 | 1,90 | 2,86 | 37,16 |

Fonte: O autor (2014)

4.4 SUBTRECHO HOMOGÊNEO 04

O Subtrecho 04 compreende – se da estaca 2 + 200 até a estaca 2 + 600, tendo uma extensão total de 400 metros, onde foi inventariada uma área de 441 m², seguindo a norma DNIT 005 TER para a classificação dos defeitos encontrados, o inventário deste subtrecho pode ser encontrado no Apêndice D.

As medidas das flechas deste segmento foram realizadas em 21 estações, utilizando a treliça metálica, tais medidas são vistas na Tabela 41, sendo utilizados estes dados para a determinação da média das leituras, separadas em trilha de roda interno e externa, o cálculo da média das flechas deste segmento pode ser vista na Tabela 42, a qual consiste no somatório das leituras dividido pelo número de estações.

Tabela 41 - Leituras das flechas so subtrecho 04

| Segmento homogêneo 04 | | |
|-----------------------|----------|----------|
| Estaqueamento | Flecha | |
| | TRI (mm) | TRE (mm) |
| 2,200 | 0 | 2 |
| 2,220 | 0 | 0 |
| 2,240 | 3 | 1 |
| 2,260 | 4 | 1 |
| 2,280 | 1 | 5 |
| 2,300 | 0 | 2 |
| 2,320 | 3 | 3 |
| 2,340 | 0 | 0 |
| 2,360 | 2 | 2 |
| 2,380 | 0 | 0 |
| 2,400 | 1 | 3 |
| 2,420 | 0 | 1 |
| 2,440 | 2 | 7 |
| 2,460 | 1 | 4 |
| 2,480 | 0 | 4 |
| 2,500 | 0 | 1 |
| 2,520 | 2 | 12 |
| 2,540 | 8 | 8 |
| 2,560 | 5 | 2 |
| 2,580 | 11 | 13 |
| 2,600 | 3 | 5 |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 42 - Média das flechas do subtrecho 04

| Média das flechas | | |
|--------------------|----------|----------|
| | TRI (mm) | TER (mm) |
| Somatório | 46 | 76 |
| Número de estações | 21 | |
| Média | 2,19 | 3,62 |

Fonte: O autor (2014)

O cálculo do Índice de gravidade global deste subtrecho é demonstrado na Tabela 43, que foi utilizado como base a tabela do DNIT 006 e os dados retirados do inventário do pavimento e das leituras das flechas, obtendo um IGG de 77,7.

Tabela 43 - Cálculo do subtrecho 04

| Item | Defeito | fa | n | fr | fp | IGI |
|------|----------------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| 1 | Trincas isoladas - FC 1 | 9 | 21 | 42,86 | 0,2 | 8,6 |
| 2 | Trincas interligadas - FC 2 | 7 | 21 | 33,33 | 0,5 | 16,7 |
| 3 | Trincas interligadas - FC 3 | 2 | 21 | 9,52 | 0,8 | 7,6 |
| 4 | Afundamento | 0 | 21 | 0,00 | 0,9 | 0,0 |
| 5 | O, P e E | 1 | 21 | 4,76 | 1 | 4,8 |
| 6 | EX | 1 | 21 | 4,76 | 0,5 | 2,4 |
| 7 | D | 16 | 21 | 76,19 | 0,3 | 22,9 |
| 8 | R | 0 | 21 | 0,00 | 0,6 | 0,0 |
| 9 | Média das flechas | TRI | 2,19 | 2,90 | 1,33 | 3,9 |
| | | TRE | 3,62 | | | |
| 10 | Média das variâncias das flechas | TRI v | 8,36 | 10,95 | 1 | 11,0 |
| | | TREv | 13,55 | | | |
| | Número de estações | 21 | | | IGG | 77,7 |
| | Área total inventariada | 441 | | | | |

Fonte: O autor (2014)

As leituras de deflexão do segmento 04 podem ser vistas na Tabela 44 e Tabela 45, as quais foram obtidas pela leitura na viga benkelman, com a aplicação de uma força padrão, por um eixo padrão no pavimento.

Tabela 44 - Deflexões no lado direito do subtrecho 04

| Lado direito | | | | | | |
|--------------|--------|-----|-----|-----|--------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 2,200 | 112 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 2,260 | 114 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 2,280 | 115 | 500 | 470 | 487 | 61,0 | 118 |
| 2,300 | 116 | 500 | 458 | | 85,3 | |
| 2,340 | 118 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 2,380 | 120 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 2,420 | 122 | 500 | 451 | | 99,6 | |
| 2,460 | 124 | 500 | 448 | | 105,7 | |
| 2,480 | 125 | 500 | 460 | 480 | 81,3 | 77 |
| 2,500 | 126 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 2,540 | 128 | 500 | 480 | | 40,6 | |
| 2,580 | 130 | 500 | 470 | | 61,0 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 45 - Deflexões no lado esquerdo do subtrecho 04

| Lado esquerdo | | | | | | |
|---------------|--------|-----|-----|-----|-------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 2,200 | 111 | 500 | 466 | | 69,1 | |
| 2,240 | 113 | 500 | 472 | | 56,9 | |
| 2,280 | 115 | 500 | 471 | | 58,9 | |
| 2,320 | 117 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 2,360 | 119 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 2,380 | 120 | 500 | 473 | 488 | 54,9 | 128 |
| 2,400 | 121 | 500 | 456 | | 89,4 | |
| 2,440 | 123 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 2,480 | 125 | 500 | 454 | | 93,5 | |
| 2,520 | 127 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 2,560 | 129 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 2,580 | 130 | 500 | 465 | 484 | 71,1 | 96 |
| 2,600 | 131 | 500 | 461 | | 79,2 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

A deflexão característica foi calculada com base na norma DNIT 011, determinando o intervalo de aceitação para assim verificar a qualidade dos dados amostrais, porém neste subtrecho foi constatado que todos os dados são válidos, com isso foi calculada a deflexão característica que pode ser vista na Tabela 46.

Tabela 46 - Deflexão característica do subtrecho 04

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | Dc |
|----|---|-------|--------|------|-----------|-----------|--------|-------|--------------|
| 25 | 3 | 73,96 | 14,77 | 0,20 | 118,27 | 29,66 | 105,66 | 40,64 | 88,73 |

Fonte: O autor (2014)

As irregularidades longitudinais do subtrecho 04 que foram medidas pelo pêfilometro a laser podem ser encontradas na tabela Tabela 47, as quais foram feitas em 5 segmentos.

Tabela 47 - Irregularidades Longitudinais do subtrecho 04

| Lado Esquerdo | | | | | Lado Direito | | | | |
|---------------|----------|------------|---------|-------|--------------|----------|------------|---------|-------|
| Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | | Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | |
| | | Interna | Externa | Média | | | Interna | Externa | Média |
| 2+266 | 2+065 | 2,58 | 2,49 | 2,53 | 2+164 | 2+368 | 2,11 | 1,96 | 2,03 |
| 2+467 | 2+266 | 1,79 | 1,88 | 1,84 | 2+368 | 2+569 | 1,81 | 2,32 | 2,07 |
| 2+666 | 2+467 | 2 | 2,3 | 2,15 | - | - | - | - | - |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

O agrupamento de dados amostrais para o cálculo da irregularidade característica seguiu a norma DNIT 011, onde todos os dados foram validados, ou seja, ficaram no intervalo de aceitação, sendo assim foi calculado a irregularidade longitudinal característica conforme Tabela 48.

Tabela 48 - Irregularidade longitudinal característica do subtrecho 04

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | IRlc | Qlc |
|---|------|-------|--------|------|-----------|-----------|-------|-------|------|-------|
| 5 | 2,00 | 2,12 | 0,25 | 0,12 | 2,63 | 1,62 | 2,53 | 1,84 | 2,38 | 30,91 |

Fonte: O autor (2014)

4.5 SUBTRECHO HOMOGÊNEO 05

O subtrecho 05 é o subtrecho final do estudo que inicia na estaca 2 + 600 e finaliza no PF, estaca 4 + 100, com uma extensão de 1500 metros, tendo uma área total inventariada de 1596 m², onde os defeitos encontrados neste segmento foram classificados conforme a norma DNIT 005, tal inventário pode ser encontrado no Apêndice E, neste segmento foram realizadas 76 estações no seu comprimento total, as quais elaboradas seguindo a norma DNIT 006.

Com o auxílio da treliça metálica foram realizadas as leituras dos afundamentos dos trilhas de rodas, tais leituras são mostradas na Tabela 49, tais leituras foram realizadas e separadas em trilha de roda interna e trilha de roda externa.

Tabela 49 - Leituras das flechas do subtrecho 05

| Segmento homogêneo 05 | | |
|-----------------------|----------|----------|
| Estaqueamento | Flecha | |
| | TRI (mm) | TRE (mm) |
| 2,600 | 3 | 5 |
| 2,620 | 4 | 0 |
| 2,640 | 2 | 6 |
| 2,660 | 3 | 0 |
| 2,680 | 4 | 2 |
| 2,700 | 0 | 3 |
| 2,720 | 1 | 3 |
| 2,740 | 1 | 1 |
| 2,760 | 1 | 2 |
| 2,780 | 0 | 0 |
| 2,800 | 0 | 0 |
| 2,820 | 0 | 0 |
| 2,840 | 0 | 0 |
| 2,860 | 0 | 0 |
| 2,880 | 0 | 1 |
| 2,900 | 0 | 1 |
| 2,920 | 0 | 3 |
| 2,940 | 1 | 1 |
| 2,960 | 0 | 5 |
| 2,980 | 0 | 3 |
| 3,000 | 0 | 4 |
| 3,020 | 0 | 5 |
| 3,040 | 0 | 2 |
| 3,060 | 0 | 3 |
| 3,080 | 0 | 1 |
| 3,100 | 0 | 1 |
| 3,120 | 1 | 22 |
| 3,140 | 2 | 3 |
| 3,160 | 0 | 2 |
| 3,180 | 4 | 4 |
| 3,200 | 0 | 0 |
| 3,220 | 0 | 18 |
| 3,240 | 5 | 0 |
| 3,260 | 0 | 1 |
| 3,280 | 3 | 6 |
| 3,300 | 1 | 4 |
| 3,320 | 0 | 0 |
| 3,340 | 2 | 1 |

| Segmento homogêneo 05 | | |
|-----------------------|----------|----------|
| Estaqueamento | Flecha | |
| | TRI (mm) | TRE (mm) |
| 3,360 | 4 | 6 |
| 3,380 | 0 | 0 |
| 3,400 | 4 | 5 |
| 3,420 | 0 | 1 |
| 3,440 | 4 | 1 |
| 3,460 | 0 | 0 |
| 3,480 | 4 | 4 |
| 3,500 | 0 | 0 |
| 3,520 | 2 | 4 |
| 3,540 | 0 | 1 |
| 3,560 | 0 | 3 |
| 3,580 | 0 | 0 |
| 3,600 | 3 | 2 |
| 3,620 | 1 | 0 |
| 3,640 | 7 | 10 |
| 3,660 | 0 | 7 |
| 3,680 | 2 | 2 |
| 3,700 | 2 | 1 |
| 3,720 | 1 | 33 |
| 3,740 | 0 | 4 |
| 3,760 | 2 | 1 |
| 3,780 | 0 | 2 |
| 3,800 | 0 | 5 |
| 3,820 | 0 | 3 |
| 3,840 | 3 | 4 |
| 3,860 | 1 | 0 |
| 3,880 | 4 | 1 |
| 3,900 | 3 | 3 |
| 3,920 | 7 | 0 |
| 3,940 | 0 | 3 |
| 3,960 | 0 | 0 |
| 3,980 | 0 | 1 |
| 4,000 | 0 | 0 |
| 4,020 | 2 | 0 |
| 4,040 | 1 | 9 |
| 4,060 | 2 | 0 |
| 4,080 | 1 | 4 |
| 4,100 | 0 | 3 |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Com base nos dados da Tabela 49, foi realizado a médias das flechas para assim caracterizar o subtrecho 05, a qual é feita através do somatório das flechas divididas pelo número total de estações, o cálculo da média é demonstrado na Tabela 50.

Tabela 50 - Médias das flechas do subtrecho 05

| Média das flechas | | |
|--------------------|----------|----------|
| | TRI (mm) | TER (mm) |
| Somatório | 98 | 236 |
| Número de estações | 76 | |
| Média | 1,29 | 3,11 |

Fonte: O autor (2014)

O IGG do subtrecho 05 é calculado tomando como base o inventário realizado do pavimento, onde é encontrada a frequência de cada patologia levantada, tal cálculo segue a norma DNIT 006, o cálculo é realizado na Tabela 51, encontrando um valor final de 75,3.

Tabela 51 - Cálculo do IGG do subtrecho 05

| Item | Defeito | fa | n | fr | fp | IGI |
|------|----------------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| 1 | Trincas isoladas - FC 1 | 18 | 76 | 23,68 | 0,2 | 4,7 |
| 2 | Trincas interligadas - FC 2 | 10 | 76 | 13,16 | 0,5 | 6,6 |
| 3 | Trincas interligadas - FC 3 | 4 | 76 | 5,26 | 0,8 | 4,2 |
| 4 | Afundamento | 0 | 76 | 0,00 | 0,9 | 0,0 |
| 5 | O, P e E | 4 | 76 | 5,26 | 1 | 5,3 |
| 6 | EX | 13 | 76 | 17,11 | 0,5 | 8,6 |
| 7 | D | 67 | 76 | 88,16 | 0,3 | 26,4 |
| 8 | R | 3 | 76 | 3,95 | 0,6 | 2,4 |
| 9 | Média das flechas | TRI | 1,29 | 2,20 | 1,33 | 2,9 |
| | | TRE | 3,11 | | | |
| 10 | Média das variâncias das flechas | TRI v | 3,01 | 14,21 | 1 | 14,2 |
| | | TREv | 25,41 | | | |
| | Número de estações | 76 | | | IGG | 75,3 |
| | Área total inventariada | 1596 | | | | |

Fonte: O autor (2014)

As deflexões do subtrecho 05 podem ser vistas na Tabela 52 e Tabela 53, as quais foram medidas pela viga benkelman, através da aplicação de carga por um eixo padrão.

Tabela 52 - Deflexões no lado direito so subtrecho 05

| Lado direito | | | | | | |
|--------------|--------|-----|-----|-----|--------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 2,620 | 132 | 500 | 455 | | 91,4 | |
| 2,660 | 134 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 2,680 | 135 | 500 | 482 | 493 | 36,6 | 220 |
| 2,700 | 136 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 2,740 | 138 | 500 | 466 | | 69,1 | |
| 2,780 | 140 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 2,820 | 142 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 2,860 | 144 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 2,880 | 145 | 500 | 477 | 487 | 46,7 | 118 |
| 2,900 | 146 | 500 | 472 | | 56,9 | |
| 2,940 | 148 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 2,980 | 150 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 3,020 | 152 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 3,060 | 154 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 3,080 | 155 | 500 | 475 | 489 | 50,8 | 140 |
| 3,100 | 156 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 3,140 | 158 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 3,180 | 160 | 500 | 450 | | 101,6 | |
| 3,220 | 162 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 3,260 | 164 | 500 | 476 | | 48,8 | |
| 3,280 | 165 | 500 | 476 | 488 | 48,8 | 128 |
| 3,300 | 166 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 3,340 | 168 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 3,380 | 170 | 500 | 473 | | 54,9 | |
| 3,420 | 172 | 500 | 454 | | 93,5 | |
| 3,460 | 174 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 3,480 | 175 | 500 | 476 | 488 | 48,8 | 128 |
| 3,500 | 176 | 500 | 451 | | 99,6 | |
| 3,540 | 178 | 500 | 452 | | 97,5 | |
| 3,580 | 180 | 500 | 473 | | 54,9 | |
| 3,620 | 182 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 3,660 | 184 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 3,680 | 185 | 500 | 470 | 492 | 61,0 | 192 |
| 3,700 | 186 | 500 | 466 | | 69,1 | |
| 3,740 | 188 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 3,780 | 190 | 500 | 464 | | 73,2 | |
| 3,820 | 192 | 500 | 480 | | 40,6 | |
| 3,860 | 194 | 500 | 466 | | 69,1 | |
| 3,880 | 195 | 500 | 470 | 488 | 61,0 | 128 |
| 3,900 | 196 | 500 | 460 | | 81,3 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Tabela 53 - Deflexões no lado esquerdo do subtrecho 05

| Lado esquerdo | | | | | | |
|---------------|--------|-----|-----|-----|-------------|----------|
| km | Estaca | L0 | Lf | L25 | Deflexão | R. Curv. |
| 2,600 | 131 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 2,640 | 133 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 2,680 | 135 | 500 | 475 | | 50,8 | |
| 2,720 | 137 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 2,760 | 139 | 500 | 458 | | 85,3 | |
| 2,780 | 140 | 500 | 472 | 489 | 56,9 | 140 |
| 2,800 | 141 | 500 | 455 | | 91,4 | |
| 2,840 | 143 | 500 | 454 | | 93,5 | |
| 2,880 | 145 | 500 | 461 | | 79,2 | |
| 2,920 | 147 | 500 | 467 | | 67,1 | |
| 2,960 | 149 | 500 | 465 | | 71,1 | |
| 2,980 | 150 | 500 | 480 | 491 | 40,6 | 171 |
| 3,000 | 151 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 3,040 | 153 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 3,080 | 155 | 500 | 477 | | 46,7 | |
| 3,120 | 157 | 500 | 478 | | 44,7 | |
| 3,160 | 159 | 500 | 474 | | 52,8 | |
| 3,180 | 160 | 500 | 463 | 483 | 75,2 | 90 |
| 3,200 | 161 | 500 | 478 | | 44,7 | |
| 3,240 | 163 | 500 | 457 | | 87,4 | |
| 3,280 | 165 | 500 | 472 | | 56,9 | |
| 3,320 | 167 | 500 | 460 | | 81,3 | |
| 3,360 | 169 | 500 | 482 | | 36,6 | |
| 3,380 | 170 | 500 | 477 | 486 | 46,7 | 110 |
| 3,400 | 171 | 500 | 480 | | 40,6 | |
| 3,440 | 173 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 3,480 | 175 | 500 | 480 | | 40,6 | |
| 3,520 | 177 | 500 | 478 | | 44,7 | |
| 3,560 | 179 | 500 | 468 | | 65,0 | |
| 3,580 | 180 | 500 | 470 | 489 | 61,0 | 140 |
| 3,600 | 181 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 3,640 | 183 | 500 | 473 | | 54,9 | |
| 3,680 | 185 | 500 | 475 | | 50,8 | |
| 3,720 | 187 | 500 | 470 | | 61,0 | |
| 3,760 | 189 | 500 | 462 | | 77,2 | |
| 3,780 | 190 | 500 | 463 | 481 | 75,2 | 81 |
| 3,800 | 191 | 500 | 463 | | 75,2 | |
| 3,840 | 193 | 500 | 475 | | 50,8 | |
| 3,880 | 195 | 500 | 468 | | 65,0 | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

A deflexão característica segue a norma DNIT 006 para seu cálculo, onde se calcula o intervalo de aceitação dos dados amostrais para obter uma caracterização mais próxima do estado real do segmento. Neste subtrecho todos os dados foram utilizados para o cálculo pois todos ficaram no intervalo de aceitação, a deflexão característica pode ser vista na Tabela 54.

Tabela 54 - Deflexão característica do subtrecho 05

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | Dc |
|----|---|-------|--------|------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 79 | 3 | 65,26 | 15,98 | 0,24 | 113,20 | 17,32 | 101,60 | 36,58 | 81,24 |

Fonte: O autor (2014)

As irregularidades longitudinais do subtrecho 05 foram medidas com o pêfilometro a laser, realizados em 10 segmentos, os quais podem ser vistos seus resultados na Tabela 55.

Tabela 55 - Irregularidade longitudinal do subtrecho 05

| Lado Esquerdo | | | | | Lado Direito | | | | |
|---------------|----------|------------|---------|-------|--------------|----------|------------|---------|-------|
| Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | | Início (km) | Fim (km) | IRI (m/Km) | | |
| | | Interna | Externa | Média | | | Interna | Externa | Média |
| 2+666 | 2+467 | 2 | 2,3 | 2,15 | 2+770 | 2+969 | 2,38 | 2,88 | 2,63 |
| 3+074 | 2+875 | 1,85 | 2,45 | 2,15 | 2+969 | 3+175 | 2,45 | 2,36 | 2,41 |
| 3+470 | 3+276 | 2,73 | 2,94 | 2,84 | 3+553 | 3+758 | 2,8 | 3,35 | 3,07 |
| 3+668 | 3+470 | 2,29 | 2,35 | 2,32 | 3+758 | 3+951 | 2,62 | 2,67 | 2,64 |
| 3+864 | 3+668 | 2,7 | 2,76 | 2,73 | - | - | - | - | - |
| 4+048 | 3+864 | 2,97 | 2,86 | 2,92 | - | - | - | - | - |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

Com base nos dados das irregularidades longitudinais foi realizado o agrupamento dos dados amostrais que seguiu a norma DNIT 011, o cálculo da mesma é demonstrado na Tabela 56.

Tabela 56 - Cálculo da Irregularidade característica do subtrecho 05

| n | z | média | desvio | cv | intervalo | intervalo | Maior | Menor | IRIc | QIc |
|----|------|-------|--------|------|-----------|-----------|-------|-------|------|-------|
| 10 | 2,50 | 2,59 | 0,32 | 0,12 | 3,38 | 1,79 | 3,07 | 2,15 | 2,91 | 37,77 |

Fonte: O autor (2014)

4.6 RESUMO DO INVENTÁRIO DO PAVIMENTO

Com os cinco subtrechos inventariados e calculados todos os parâmetros, foram agrupados os dados para classificar cada segmento homogêneo conforme mostra a Tabela 57, para a classificação foram os usados os conceitos da norma DNIT 006 (2003b) mostrados na Tabela 4.

Tabela 57 - Classificação do acesso quanto ao IGG

| SH | Início (Km) | Final (Km) | Extensão (m) | Deflexão (x0,01mm) | IRI (m/Km) | ATR (mm) | IGG | Conceito |
|----|-------------|------------|--------------|--------------------|------------|----------|-------|----------|
| 1 | 0,000 | 0,700 | 700,00 | 97,74 | 3,77 | 2,17 | 95,20 | Ruim |
| 2 | 0,700 | 1,500 | 800,00 | 86,52 | 3,01 | 1,56 | 56,30 | Regular |
| 3 | 1,500 | 2,200 | 700,00 | 80,26 | 2,86 | 1,69 | 67,00 | Regular |
| 4 | 2,200 | 2,600 | 400,00 | 88,73 | 2,38 | 2,90 | 77,70 | Regular |
| 5 | 2,600 | 4,100 | 1500,00 | 81,24 | 2,91 | 2,20 | 75,30 | Regular |

Fonte: O autor (2014)

A Tabela 58 mostra a avaliação das camadas do pavimento realizada no trecho, onde os dados foram fornecidos pela empresa AZIMUTE (2014), tal avaliação já segue subdividida em subtrechos homogêneos, conforme os parâmetros avaliados anteriormente, tais dados foram obtidos através de sondagens ou trincheiras realizadas em diversos pontos na extensão total do acesso estadual estudado.

Tabela 58 - Avaliação das camadas do pavimento dos subtrechos homogêneos

| SH | Início (Km) | Final (Km) | Revestimento | | Base | | Sub-base | |
|----|-------------|------------|--------------|------|----------------|------|------------------|------|
| | | | Material | Esp. | Material | Esp. | Material | Esp. |
| 1 | 0,000 | 0,700 | CAUQ | 5,0 | Brita graduada | 24 | Argila | 30 |
| 2 | 0,700 | 1,500 | CAUQ | 4,8 | Brita graduada | 20 | Rachão (quartzo) | 45 |
| 3 | 1,500 | 2,200 | CAUQ | 5,7 | Brita graduada | 20 | Rachão (quartzo) | 50 |
| 4 | 2,200 | 2,600 | CAUQ | 5,0 | Brita graduada | 22 | Rachão (quartzo) | 35 |
| 5 | 2,600 | 4,100 | CAUQ | 5,6 | Brita graduada | 17 | Rachão (quartzo) | 60 |

Fonte: Azimute (2014)

4.7 ESTUDO DE TRÁFEGO

Um dos principais elementos que determina as características futuras é o tráfego que a via suportará. O tráfego permite o adequado dimensionamento de todos os seus elementos para o projeto, onde o estudo de tráfego tem por objetivo obter os seguintes elementos:

- VMDA;
- Distribuição do tráfego por classes de veículos;
- Expansão de tráfego;
- Cálculo do número N;
- Estudo de capacidade e níveis de serviço.

Para obter informações precisas para a elaboração do estudo de tráfego, foram realizadas contagens volumétricas e classificatórias com a identificação do tipo de veículo conforme a classificação do DNER mostrada na Figura 32.

As contagens foram realizadas em dois postos de contagem, o posto P1 com contagem completa e um posto A2 como posto adicional.

O posto P1 é localizado na interseção da SC-418 com o acesso à Estrada do Fundão (Km 62+830) realizado neste a contagem completa sendo feitas contagens de 13 horas e de 24 horas, já o posto adicional A2 é localizado na interseção do trecho de projeto (Km 0+000) com a BR-280/SC, realizado contagem de 13 horas, tais localizações podem ser vistas na Figura 38.

Figura 38 - Localização dos postos de contagem



Fonte: Azimute (2014)

O resumo das contagens do posto P1 é apresentado na Tabela 59, onde foram realizadas contagens de 13 horas e de 24 horas ambas na quarta-feira, tal contagem seguiu os fluxos de tráfego apresentados na Figura 39.

Figura 39 - Fluxo de tráfego no posto P1



Fonte: Azimute (2014)

Tabela 59 - Resumo das contagens no posto P1

| Data | Fluxo | Ped. | Bicic. | Veíc. Passeio | Motos | Ônibus | Cam. Leve | Cam. Médio | Cam. Pesado | Semi reb. | Reb. | +6 Eixos | Total Geral | Total Veículos | |
|------------|-------------------------|--------|--------|---------------|-------|--------|-----------|------------|-------------|-----------|------|----------|-------------|----------------|------|
| 03/04/2013 | Quarta-Feira (6h - 19h) | F1:B-A | 393 | 42 | 2124 | 288 | 52 | 249 | 208 | 19 | 137 | 9 | 8 | 3529 | 3094 |
| | | F2:C-B | 14 | 2 | 80 | 12 | 3 | 7 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 122 | 106 |
| | | F3:B-C | 27 | 0 | 67 | 15 | 5 | 8 | 3 | 2 | 4 | 0 | 1 | 132 | 105 |
| | | F4:A-C | 32 | 11 | 429 | 101 | 38 | 61 | 23 | 6 | 0 | 0 | 0 | 701 | 658 |
| | | F5:C-A | 29 | 9 | 449 | 92 | 39 | 59 | 30 | 2 | 2 | 0 | 1 | 712 | 674 |
| | | F6:A-B | 340 | 38 | 2153 | 273 | 46 | 215 | 197 | 22 | 127 | 6 | 11 | 3428 | 3050 |
| Total | | 835 | 102 | 5302 | 781 | 183 | 599 | 463 | 51 | 272 | 15 | 21 | 8624 | 7687 | |
| 03/04/2013 | Quarta-Feira (0h - 24h) | F1:B-A | 410 | 48 | 2520 | 366 | 91 | 276 | 242 | 20 | 157 | 14 | 14 | 4158 | 3700 |
| | | F2:C-B | 14 | 2 | 94 | 12 | 5 | 8 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 139 | 123 |
| | | F3:B-C | 27 | 1 | 83 | 18 | 6 | 9 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 153 | 125 |
| | | F4:A-C | 39 | 12 | 561 | 129 | 38 | 65 | 25 | 6 | 9 | 0 | 0 | 884 | 833 |
| | | F5:C-A | 31 | 10 | 537 | 111 | 41 | 65 | 32 | 2 | 10 | 0 | 1 | 840 | 799 |
| | | F6:A-B | 370 | 45 | 2633 | 371 | 87 | 253 | 257 | 26 | 159 | 8 | 16 | 4225 | 3810 |
| Total | | 891 | 118 | 6428 | 1007 | 268 | 676 | 561 | 56 | 340 | 22 | 32 | 10399 | 9390 | |

Fonte: Azimute (2014)

A contagem no posto A2, realizada no trecho do acesso estadual que este trabalho está avaliando é apresentada na Tabela 60, a qual ocorreu em uma sexta-feira com duração de 13 horas. A contagem no A2 seguiu o fluxo de tráfego apresentado na Figura 40.

Figura 40 - Fluxo de tráfego no posto A2



Fonte: Azimute (2014)

Tabela 60 - Resumo da contagem no posto A2

| Data | Fluxo | Ped. | Bicic. | Veíc. Passeio | Motos | Ônibus | Cam. Leve | Cam. Médio | Cam. Pesado | Semi reb. | Reb. | +6 Eixos | Total Geral | Total Veículos |
|--------------------------------------|---------|------|--------|---------------|-------|--------|-----------|------------|-------------|-----------|------|----------|-------------|----------------|
| 05/04/2013 Sexta-Feira (6h - 19h) | F1: A-B | 0 | 4 | 635 | 56 | 5 | 81 | 105 | 10 | 57 | 12 | 30 | 995 | 991 |
| | F2: C-A | 2 | 2 | 642 | 75 | 10 | 52 | 40 | 4 | 5 | 1 | 0 | 833 | 829 |
| | F3: A-C | 1 | 10 | 716 | 91 | 16 | 69 | 46 | 3 | 5 | 2 | 0 | 959 | 948 |
| | F4: B-C | 0 | 4 | 28 | 6 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 40 |
| | F5: C-B | 0 | 3 | 33 | 5 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 44 |
| | F6: B-A | 0 | 5 | 607 | 39 | 8 | 98 | 109 | 18 | 42 | 12 | 17 | 955 | 950 |
| Total | | 3 | 28 | 2661 | 272 | 45 | 306 | 300 | 35 | 109 | 27 | 47 | 3833 | 3802 |

Fonte: Azimute (2014)

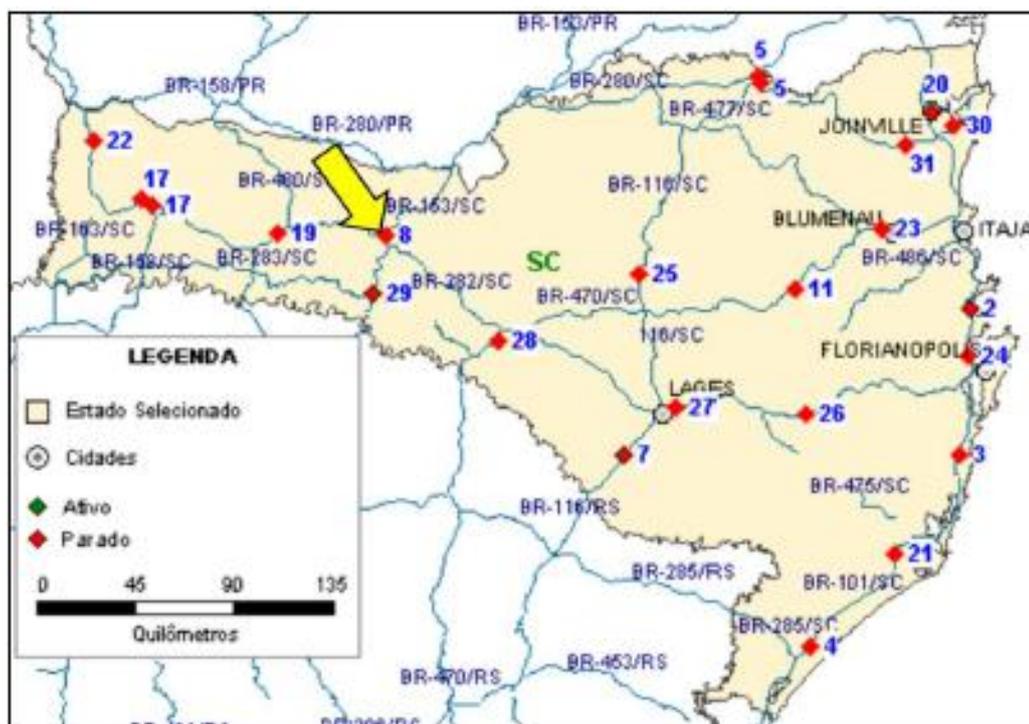
O VMDA que é a representação da média diária de veículos que utilizam determinada rodovia ao longo do ano, para o sua determinação necessita a aplicação dos coeficientes de correção e expansão ao volume diário atual, o qual foi apresentado na Tabela 60.

O fator de correção horária é calculado pela divisão do volume de tráfego de veículos em 24 horas pelo volume de veículos em treze horas, para tal cálculo foi utilizado o posto P1, pois já havia contagem e o posto se localizava próximo ao trecho do projeto, podendo assim representar o volume de tráfego do trecho do projeto, encontrando um valor de F_H igual a 1,2215.

$$F_H = \frac{VT_{24h}}{VT_{13h}} = \frac{9390}{7687} = 1,2215$$

Para realizar a correção semanal e mensal anual foram utilizados dados da contagem sistêmica fornecidas pelo DNIT, o posto de contagem mais próximo e que melhor caracteriza o acesso é o posto 008, localizado em Catanduvras na BR-153/SC, sua localização pode ser vista na Figura 41.

Figura 41 - Posto de contagem sistemática P008 do DNIT



Fonte: DNIT (2014)

O fator de correção diária corrige o volume de tráfego nos diferentes dias da semana, sua determinação é feita com base dos dados do mês e do dia da semana em que a contagem parcial foi realizada, onde neste projeto foi feita em uma sexta-feira de abril como pode ser visto na Tabela 60, tais volumes podem ser vistos na Tabela 61.

Tabela 61 - Fator de correção diária fornecida pelo DNIT

| Rodovia | DRF | PNV | ANO | VMD MENSAL | MÊS | Km |
|-------------|------|------------|------|------------|-------|------|
| BR-153 | 16 | 153BSC1565 | 1996 | 2606 | Abril | 59 |
| VMD semanal | | | | | | |
| Dom | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sáb |
| 2591 | 2581 | 2611 | 2577 | 2598 | 2648 | 2659 |

Fonte: DNIT, 1996 *appud* AZIMUTE, (2014)

Utilizando os dados do DNIT, determina-se o fator de correção diária pela divisão do VMD mensal pelo VMD semanal, obtendo um valor igual a 0,9841.

$$F_{ds} = \frac{VT_s}{VT_d} = \frac{2606}{2648} = 0,9841$$

O fator de correção mensal anual, baseia-se no volume média anual no posto de contagem, com o volume médio mensal, tais dados foram fornecidos pelo DNIT através do posto de contagem sistemática P008, os dados podem são apresentados na Tabela 62.

Tabela 62 - Fator de correção mensal fornecida pelo DNIT

| Rodovia | | DRF | PNV | ANO | VMD ANUAL | Km | | | | | |
|------------|------|------|------------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| BR-153 | | 16 | 153BSC1565 | 1996 | 2553 | 59 | | | | | |
| VMD mensal | | | | | | | | | | | |
| Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
| 2493 | 2508 | 2555 | 2606 | 2550 | 2390 | 2603 | 2535 | 2573 | 2559 | 2576 | 2706 |

Fonte: DNIT,1996 *appud* AZIMUTE, (2014)

Com os dados fornecidos pelo DNIT, foi calculado o fator de expansão mensal, o qual é calculado pela divisão do VMD anual pelo VMD mensal, onde se obteve um fator igual a 0,9797.

$$F_a = \frac{VT_a}{VT_m} = \frac{2553}{2606} = 0,9797$$

Após todos os fatores calculados pode-se calcular o VMDA, o qual é calculado pela multiplicação desses três fatores pela contagem realizada no trecho do projeto, o cálculo pode ser visto na Tabela 63.

Tabela 63 - Cálculo do VMDA

| Fluxo | Veíc. Passeio | Motos | Ônibus | Cam. Leve | Cam. Médio | Cam. Pesado | Semi reb. | Reb. | +6 Eixos | Total |
|---|---------------|-------|--------|-----------|------------|-------------|-----------|------|----------|-------|
| VMDA = contagem x Fh x Fds x Fa = contagem x 1,2215 x 0,9841 x 0,9797 | | | | | | | | | | |
| F1: A-B | 748 | 66 | 6 | 95 | 124 | 12 | 67 | 14 | 35 | 1167 |
| F2: C-A | 756 | 88 | 12 | 61 | 47 | 5 | 6 | 1 | 0 | 976 |
| F3: A-C | 843 | 107 | 19 | 81 | 54 | 4 | 6 | 2 | 0 | 1116 |
| F4: B-C | 33 | 7 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 |
| F5: C-B | 39 | 6 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 |
| F6: B-A | 715 | 46 | 9 | 115 | 128 | 21 | 49 | 14 | 20 | 1119 |
| Total | 3134 | 320 | 53 | 360 | 353 | 41 | 128 | 32 | 55 | 4478 |

Fonte: O autor (2014)

O tráfego futuro é calculado a partir da do ano de abertura do projeto, geralmente adota-se um horizonte de 10 anos para o cálculo do número N. As projeções do tráfego para obtenção do tráfego futuro é calculado pela fórmula:

$$V_n = V_o \times (1 + a)^n$$

O coeficiente “a” adotado é retirado da Tabela 64.

Tabela 64 - Taxas de crescimento anuais de tráfego

| Matrizes | Taxa de Crescimento %aa | |
|----------|-------------------------|-----------|
| | 2012/2015 | 2016/2023 |
| CP | 3,2 | 1,5 |
| ON | 1,5 | 1,8 |
| VC 1 | 4,3 | 4,4 |
| VC 2 | 4,3 | 4,5 |

Fonte: DEINFRA, 2011 *appud* AZIMUTE, (2014)

onde,

CP: carros de passeio;

ON: ônibus;

VC 1: Veículos de carga pequenos e médios;

VC 2: Veículos de carga grandes.

Como a contagem volumétrica de veículos foi realizada em 2013 é necessário separar a taxa de crescimento de 2013 até 2015 onde será contada a abertura e de 2015 até o 10º ano que será em 2024, as projeções de tráfego podem ser vista na Tabela 65.

Tabela 65 - Projeção do tráfego

| ANO | Fluxo | Veíc. Passeio | Motos | Ônibus | Cam. Leve | Cam. Médio | Cam. Pesado | Semi reb. | Reb. | +6 Eixos | Total |
|---------------|---------|---------------|-------|--------|-----------|------------|-------------|-----------|------|----------|-------|
| Abertura 2015 | F1: A-B | 796 | 70 | 6 | 104 | 135 | 13 | 73 | 15 | 38 | 1250 |
| | F2: C-A | 805 | 94 | 12 | 67 | 51 | 5 | 6 | 1 | 0 | 1041 |
| | F3: A-C | 898 | 114 | 19 | 88 | 59 | 4 | 6 | 3 | 0 | 1191 |
| | F4: B-C | 35 | 8 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| | F5: C-B | 41 | 6 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| | F6: B-A | 761 | 49 | 10 | 126 | 140 | 23 | 54 | 15 | 22 | 1200 |
| | Total | | | | | | | | | | |
| 10º ano 2024 | F1: A-B | 910 | 80 | 7 | 154 | 199 | 20 | 108 | 23 | 57 | 1558 |
| | F2: C-A | 920 | 107 | 14 | 99 | 75 | 7 | 9 | 1 | 0 | 1232 |
| | F3: A-C | 1026 | 131 | 23 | 130 | 87 | 6 | 9 | 4 | 0 | 1416 |
| | F4: B-C | 41 | 9 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| | F5: C-B | 47 | 7 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 |
| | F6: B-A | 870 | 56 | 12 | 186 | 206 | 34 | 80 | 23 | 33 | 1500 |
| | Total | | | | | | | | | | |

Fonte: O autor (2014)

Para o cálculo do número N será utilizada a seguinte fórmula sugerida pela norma DNIT (2006c):

$$N = 365 \times F_r \times F_p \times \sum (V_i \times F_{vi})$$

O fator climático regional (F_r) adotado para os cálculos será 1,0 e para o fator de pista (F_p) foi analisado o número de faixas de rolamento existentes e foi constatado que a seção genérica era composta de 2 pistas, onde segundo a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** gera um fator de pista igual 50%, portanto o F_p é igual a 0,5. Para a determinação do número de veículos que irão frequentar o acesso estadual serão considerados apenas os fluxos que passam pelo local do projeto, ou seja, somente a soma dos fluxos F2, F3, F4 e F5. Os fatores de equivalência de veículos da categoria “i” foram utilizados da metodologia da USACE, que determina o fator para cada tipo de veículo conforme apresentado na Tabela 11. O número N obtido com a aplicação da metodologia da USACE pode ser vista na Tabela 66, o qual obteve-se um valor para 10 anos de $1,3 \times 10^6$.

Tabela 66 - Cálculo do número N

| Ano / Fvi | Automóveis | Motos | Ônibus | Caminhões | | | Semirreboque | | | | | Reboque | | | | +6 Eixos | 365XFrxFp | $\sum(Vi \times Fvi)$ | Número N | |
|-----------|------------|-------|--------|-----------|-----|------|--------------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|----------|-----------|-----------------------|----------|-----------|
| | | | | 2C | 3C | 4C | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S2 | 3S3 | 2C2 | 2C3 | 3C2 | 3C3 | Bitrem | | | Atual | Acumulado |
| | | | | 0 | 0 | 0,79 | 1,149 | 1,149 | 4,767 | 12,078 | 12,078 | 12,078 | 12,078 | 12,078 | 12,078 | 12,078 | | | 12,078 | 12,078 |
| 1=2015 | 1780 | 222 | 39 | 163 | 110 | 9 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 592,716 | 108467 | 108467 |
| 2=2016 | 1807 | 225 | 40 | 170 | 115 | 9 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 619,372 | 113345 | 221812 |
| 3=2017 | 1834 | 229 | 40 | 178 | 120 | 10 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 639,076 | 116951 | 338763 |
| 4=2018 | 1861 | 232 | 41 | 185 | 125 | 10 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 665,732 | 121829 | 460592 |
| 5=2019 | 1889 | 236 | 42 | 194 | 131 | 11 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 712,68 | 130420 | 591012 |
| 6=2020 | 1918 | 239 | 43 | 202 | 136 | 11 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 728,407 | 133298 | 724311 |
| 7=2021 | 1946 | 243 | 43 | 211 | 142 | 12 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 762,487 | 139535 | 863846 |
| 8=2022 | 1976 | 246 | 44 | 220 | 149 | 12 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 793,739 | 145254 | 1009100 |
| 9=2023 | 2005 | 250 | 45 | 230 | 155 | 13 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 817,68 | 149635 | 1158736 |
| 10=2024 | 2035 | 254 | 46 | 240 | 162 | 13 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 862,159 | 157775 | 1316511 |

Fonte: O autor (2014)

O número N encontrado para final de projeto foi de $1,3 \text{ E}+06$, onde este auxiliou para encontrar a solução mais adequada de restauração. Para encontrar a deflexão admissível do pavimento, entrou-se com este valor no Gráfico 1 e encontrou-se uma D_{adm} de 86 em 0,01m.

A deflexão de projeto foi encontrada com a multiplicação da deflexão característica pelo fator de correção sazonal, onde neste trecho optou-se pela utilização de um fator de correção sazonal igual a 1,1.

A Tabela 67 mostra o resumo da análise do pavimento segundo a norma DNER 011 (1979).

Tabela 67 - Resumo da análise do pavimento

| Segmento homogêneo | Início (Km) | Final (Km) | Extensão (m) | Número N | D_{adm} | D_c | F_s | D_p | Raio | IRI (m/Km) | ATR (mm) | IGG | Conceito |
|--------------------|-------------|------------|--------------|----------|-----------|-------|-------|-------|--------|------------|----------|-------|----------|
| 1 | 0,000 | 0,700 | 700,00 | 1,3 E+06 | 86,00 | 97,74 | 1,10 | 108 | 105,40 | 3,77 | 2,17 | 95,20 | Ruim |
| 2 | 0,700 | 1,500 | 800,00 | 1,3 E+06 | 86,00 | 86,52 | 1,10 | 95 | 119,20 | 3,01 | 1,56 | 56,30 | Regular |
| 3 | 1,500 | 2,200 | 700,00 | 1,3 E+06 | 86,00 | 80,26 | 1,10 | 88 | 107,70 | 2,86 | 1,69 | 67,00 | Regular |
| 4 | 2,200 | 2,600 | 400,00 | 1,3 E+06 | 86,00 | 88,73 | 1,10 | 98 | 86,50 | 2,38 | 2,90 | 77,70 | Regular |
| 5 | 2,600 | 4,100 | 1500,00 | 1,3 E+06 | 86,00 | 81,24 | 1,10 | 89 | 110,10 | 2,91 | 2,20 | 75,30 | Regular |

Fonte: O autor (2014)

Com a análise completa do pavimento classificou-se o acesso segundo as hipóteses de soluções que a Tabela 13 apresentou, para assim definir a solução a ser adotada em cada subtrecho homogêneo. A Tabela 68 mostra a hipótese de solução e as medidas corretivas que cada subtrecho se encaixou com análise das deflexões admissíveis, deflexões de projeto e o raio deflectométrico.

Tabela 68 - Medidas corretivas

| Segmento homogêneo | Início (Km) | Final (Km) | Extensão (m) | Dp>Dadm | Raio <100 | IGG >180 | Qualidade estrutural | Hipótese | Critérios para Cálculo do reforço adotado | Medidas Corretivas |
|--------------------|-------------|------------|--------------|---------|-----------|----------|----------------------|----------|---|-------------------------|
| 1 | 0,000 | 0,700 | 700 | sim | não | não | Regular | II | Deflectrométrico | Reforço |
| 2 | 0,700 | 1,500 | 800 | sim | não | não | Regular | II | Deflectrométrico | Reforço |
| 3 | 1,500 | 2,200 | 700 | sim | não | não | Regular | II | Deflectrométrico | Reforço |
| 4 | 2,200 | 2,600 | 400 | sim | sim | não | Má | IV | Resistência | Reforço ou Reconstrução |
| 5 | 2,600 | 4,100 | 1500 | sim | não | não | Regular | II | Deflectrométrico | Reforço |

Fonte: O autor (2014)

A Tabela 69 mostra o cálculo do reforço segundo o DNER 011, seguindo a classificação de hipóteses de cálculo e soluções mostrados na Tabela 68. Para o cálculo do reforço foi utilizado um K igual a 40, ou seja, o reforço foi dimensionado com concreto betuminoso.

Tabela 69 - Cálculo do reforço DNER 011

| Segmento homogêneo | Início (Km) | Final (Km) | Extensão (m) | Dadm | Dp | K | Reforço (cm) |
|--------------------|-------------|------------|--------------|-------|-----|----|--------------|
| 1 | 0,000 | 0,700 | 700,00 | 86,00 | 108 | 40 | 4,0 |
| 2 | 0,700 | 1,500 | 800,00 | 86,00 | 95 | 40 | 1,7 |
| 3 | 1,500 | 2,200 | 700,00 | 86,00 | 88 | 40 | 0,4 |
| 4 | 2,200 | 2,600 | 400,00 | 86,00 | 98 | 40 | 2,3 |
| 5 | 2,600 | 4,100 | 1500,00 | 86,00 | 89 | 40 | 0,6 |

Fonte: O autor (2014)

A Tabela 70 mostra o cálculo do reforço segundo a norma DNER 269 (1994) .

Tabela 70 - Cálculo do reforço DNER 269

| Segmento homogêneo | Início (Km) | Final (Km) | Extensão (m) | N | Deflexão Característica | Deflexão Admissível | Revestimento existente | Camada granular (cm) | CBR Subleito | Tipo | I1 | I2 | Hef (calculado) | Hef (adotado) | HR(cm) |
|--------------------|-------------|------------|--------------|--------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------|------|-----|-----|-----------------|---------------|--------|
| 1 | 0,000 | 0,700 | 700,00 | 1,3E+6 | 97,74 | 99,67 | 5,00 | 24 | 4,9 | III | 0,0 | 1,0 | 6,6 | 5,0 | 1,9 |
| 2 | 0,700 | 1,500 | 800,00 | 1,3E+6 | 86,52 | 99,67 | 4,80 | 65 | 5,6 | III | 0,0 | 1,0 | 7,7 | 4,8 | 2,2 |
| 3 | 1,500 | 2,200 | 700,00 | 1,3E+6 | 80,26 | 99,67 | 5,70 | 70 | 5,8 | III | 0,0 | 1,0 | 8,4 | 5,7 | 1,0 |
| 4 | 2,200 | 2,600 | 400,00 | 1,3E+6 | 88,73 | 99,67 | 5,00 | 57 | 4,6 | III | 0,0 | 1,0 | 7,5 | 5,0 | 1,9 |
| 5 | 2,600 | 4,100 | 1500,00 | 1,3E+6 | 81,24 | 99,67 | 5,60 | 77 | 4,6 | III | 0,0 | 1,0 | 8,3 | 5,6 | 1,1 |

Fonte: O autor (2014)

A deflexão admissível demonstrada no cálculo foi calculada segundo a norma DNER 269 (1994), onde a mesma é utilizada para o cálculo da espessura final de reforço. A espessura efetiva (Hef) adotada foi utilizada a espessura existente do pavimento, pois a norma descreve onde a Hef calculado for maior que a espessura existente, adota-se como espessura efetiva igual a espessura existente.

5 CONCLUSÕES

As patologias encontradas nos pavimentos flexíveis sejam elas geradas por agentes passivos ou ativos, pela falta de resistência ou pela fadiga do pavimento, podem ser subdivididas em fendas, que podem ser fissuras ou trincas; Afundamento, o qual pode ser plástico ou por consolidação; Ondulação ou Corrugação; Escorregamentos; Exsudação; Desgaste; Panela ou Buraco e Remendo que pode ser profundo ou superficial.

A identificação dos defeitos, para a realização do inventário, pode ser feita através de técnicas de avaliação superficial, que consiste em avaliar o pavimento na sua superfície, registrando toda a patologia encontrada, avaliação estrutural, onde verifica a capacidade do pavimento diante ao carregamento do tráfego e a avaliação de serventia, onde se analisa a qualidade do rolamento para os usuários.

Com o avanço das patologias, as técnicas de restauração ficam mais sofisticadas. As técnicas mais comuns no mercado são a lama asfáltica, aplicada para rejuvenescimento da superfície, vedar trincas e fissuras e correção de pequenas deformações; tratamento superficial simples ou duplo indicado para pavimentos desgastados e trincados; microrrevestimento asfáltico, indicado para selagem de trincas e restauração de aderência superficial, concreto asfáltico utilizado em regularização ou reforço e mistura do tipo camada porosa de atrito, indicada para melhorar a condição de atrito e escoamento de água superficial. Estes métodos são utilizados até que a manutenção x custo se tornam inviáveis, onde a reconstrução parcial ou total da rodovia seja inevitável.

As patologias levantadas no acesso estadual AE-280B durante o inventário e análise da condição do pavimento foram principalmente: trincas, ondulações, painelas, exsudação, desgastes e remendos.

A realização do levantamento das patologias ou o inventário do pavimento do acesso estadual AE-280B tornou possível classificar a sua condição superficial. Nos 700 metros iniciais foi tida como ruim e no restante como regular. A deflexão medida no acesso segundo a norma DNER 011 classificou como solução mais adequada a utilização de uma camada de reforço, a qual foi variando conforme seus segmentos homogêneos. O cálculo das espessuras de reforço foram realizadas segundo duas normas DNER 011 e DNER 269, sendo que houve variação de espessuras de uma norma para outra, pois a DNER 269 leva em consideração a

espessura do pavimento existente, já a DNER 011 tem como seu princípio básico as deflexões e raios de curvatura.

As patologias no revestimento asfáltico tem sua manifestação apresentada por diversas causas, no qual este trabalho abrangeu apenas os tipos de patologias e a restauração no pavimento em si, sendo assim abre-se uma gama de novos assuntos a serem estudados, como por exemplo, identificar as causas dos defeitos, quais seriam as soluções para as patologias na questão da drenagem e da sinalização e fazer o acompanhamento da execução da obra.

Para finalizar, espera-se que este trabalho tenha mostrado o quanto é importante a manutenção preventiva de rodovias, para assim diminuir gastos e aumentar qualidade e segurança de tráfego, visto que o Brasil utiliza destas como seu principal meio de locomoção e que a tecnologia avance cada vez mais para darmos soluções mais inteligentes e viáveis para eventuais problemas.

REFERÊNCIAS

AZIMUTE CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA, **Projeto de restauração com aumento da capacidade do Acesso Estadual AE-280B**, Joinville, 2014.

BALDO, J.T., **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**, São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BAPTISTA, C. F. N., **Pavimentação: ensaios fundamentais para a pavimentação dimensionamento dos pavimentos flexíveis**, Porto Alegre: Globo S. A., v.1, 1974.

BAPTISTA, C. F. N., **Pavimentação: revestimentos, pavimentos rígidos, conservação dos pavimentos**, Porto Alegre: Globo S. A., v.3, 1976.

BERNUCCI, L. B., *et al.*, **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**, Rio de Janeiro: PETROBRAS: Adeba, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES - CNT – **Pesquisa CNT de rodovias 2013 : Relatório gerencial**, Brasília, 2013.

COUTINHO, J. C. P., **Dimensionamento de pavimento asfáltico: Comparação do método do DNER com um método mecanístico – Empírico aplicada a um trecho**, Ouro Preto, 2011.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DE SÃO PAULO – DER-SP - **Concreto asfáltico poroso com ligante modificado por polímero – Camada porosa de atrito**, São Paulo, 2006.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA - DEINFRA, 2013. Imagem disponível em: http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/informacoes_sociedade/downloadMapas.jsp. Acesso em: 04 mar. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS – DNER – PRO 011/79: **Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis**, Brasil, 1979.

_____. DNER – PRO 269/94: **Projeto de restauração de pavimentos flexíveis**, Brasil, 1994.

_____. DNER - **Manual de pavimentação**, Rio de Janeiro, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - DNIT 005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos terminologia**, Rio de Janeiro, 2003a.

_____. DNIT 006/2003 – PRO: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**, Rio de Janeiro, 2003b.

_____. DNIT 009/2003 –PRO: **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2003c.

_____. DNIT: **Manual de pavimentação**, Rio de Janeiro, 2006a.

_____. DNIT 031/2006 – ES: **Pavimentos flexíveis: Concreto asfáltico – Especificação de serviço**, Rio de Janeiro, 2006b.

_____. DNIT: **Manual de estudos de tráfego**, Rio de Janeiro, 2006c.

_____. DNIT: **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**, Rio de Janeiro, 2006d.

_____. DNIT: **Projeto trienal de coleta de tráfego**, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/convenio-00562007-p2-f1-produto-1.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2014.

_____. DNIT – SGP: **Relatório dos levantamentos funcionais das rodovias federais**, Brasil, 2011.

_____. DNIT: **Postos de contagem de Santa Catarina**, Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/postos-de-contagem/santa-catarina>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

DÍAZ, R., *et al.*, Caminhões de alta tonelada e seu impacto no ciclo de vida dos pavimentos asfálticos, **Revista de la construcción**, v.11, p. 101 – 118, abr. 2012.

DIMITRIUS, F., **Pavimentação**, 2013. Disponível em: <http://engenhariacomonuncacivil.blogspot.com.br/>. Acesso em: 12 de novembro de 2013.

FRANCISCO, A. P. S., **Comportamento estrutural de pavimentos flexíveis**. Instituto politécnico de Bragança, 2012. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/8011/1/Ana%20Francisco_MEC_2012.pdf>. Acesso em: 18 set. 2013.

FRANCISCO, V. D. L. F.; **A drenagem superficial e o seu impacto funcional e estrutural na vida dos pavimentos rodoviários**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2009. Disponível em: < <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59178/1/000136925.pdf> >. Acesso em: 18 set. 2013.

GOMEZ, E. T., *et al.*, **Pavimentação urbana: orçamento e custos**, Brasília: CONFEA/CREA, 2005. 216p.

GOUVEIA, L. T., 2012. Imagem disponível em: <http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/110/imagens/comosonstruir2.gif&imgrefurl=http://ltgouveia.blogspot.com/2012_01_01_archive.html&h=217&w=250&sz=9&tbnid=ROMo90zAHa08eM:&tbnh=86&tbnw=99&zoom=1&usq=__2P0vpmt1BbugG6kZcqBFqppxadw=&docid=GeAcqoCX4WZluM&sa=X&ei=20UVUsPgI5Wp4APD7oCwCg&ved=0CEgQ9QEwBQ&dur=3593>. Acesso em : 15 set. 2013.

JIMÉZEEZ, P., et al., Processo de avaliação de misturas asfálticas a fadiga através de um procedimento novo de deformação cíclica varredura – EBADE, **Revista de la construcción**, v.10, n.2, p 55-65, ago. 2011.

MINHOTO, Manuel. J. C., et al., Avaliação do dano em reforços de pavimentos, **ABPV**, n. 20, p. 8 – 18, mar./abr./mai. 2011.

NUNES, F.R.G.; SILVA, C.L da.; FROTA, C.A., Identificação do dano induzido por fadiga e cura de micro trincas em compósitos cerâmicos particulados, voltados à aplicação em pavimentos flexíveis, **Cerâmica**, v.55,n. 336, Out./Nov./Dez. 2009.

OLIVEIRA, Antônio R. P., et al., Inovação e produção: Análise conceitual e Empírica do caso Pavimentação com Asfalto, **Engevista**, v.14, n.1 . p. 42 – 57, abr. 2012.

PETROBRAS, **Lamas asfálticas**, 2014a. Disponível em: <[http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/servicos/asfalticos/lamasasfalticas!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ3cXI_2CbEdFALemLV0!/>. Acesso em: 29 mar. 2014.](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/servicos/asfalticos/lamasasfalticas!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ3cXI_2CbEdFALemLV0!/)

_____. **Tratamentos Superficiais**, 2014b, Disponível em: <[SENÇO, W. de, **Manual de técnicas de pavimentação**, São Paulo: Pini, 1997.](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/servicos/asfalticos/lamasasfalticas!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ3cXI6B8JG55UxMKdBu4GpGk29_f0xUob-Dq6mFsDIRuTEC3n0d-bqp-pH6UOUKVgaG5pYGRi7ubo0GAt6GBt7l-ZE5qemJypX5BbmhoRHm-IgBmb2Oz/dl3/d3/L0lJSklna2shL0lCakFBRXIBQkVSQ0lBISEvWUZOQzFOS18yN3chLzdfOU8xT05LRzEwMDE3OTAyREdGQTBQSZewSzC!/?PC_7_9O1ONKG10017902DGFA0PK10K700000_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Portal%20de%20Conteudo/Servicos/Asfalticos/TratamentosSuperficiais/Home_Secao_TratamentoSuperficiais>. Acesso em: 29 mar. 2014.</p>
</div>
<div data-bbox=)

_____. **Manual de técnicas de projetos rodoviário**, São Paulo: Pini, 2008.

SILVA, J. C., 2014. Imagem disponível em: <http://oglobo.globo.com/eu-reporter/num-passeio-pela-cidade-os-diversos-problemas-no-asfalto-4883244>. Acesso em: 22 jan. 2014.

SOUZA, R., **Patologia em revestimento asfáltico: Estudo de caso em dois trechos de rodovias da região norte do Mato Grosso**, Sinopi, 2011.

APÊNDICE A

Apêndice A - Defeitos levantados no subtrecho 01

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - ALC - Consolidação Local | ATC - ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | F | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 0,000 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,020 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 0,040 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,060 | LD | SA | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,080 | LE | SA | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,100 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,120 | LE | SA | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,140 | LD | SMC | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,160 | LE | SMA | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,180 | LD | SMC | | | | | | X | X | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,200 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,220 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,240 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,260 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,280 | LE | SMA | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,300 | LD | SMC | | | | | | | X | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,320 | LE | SMA | | | | | X | | X | | | | | | | X | | | X | | | | |
| 0,340 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 0,360 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,380 | LD | SMC | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,400 | LE | SMA | X | | | X | | X | | X | | | | | | | | | | | | | |
| 0,420 | LD | SMC | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,440 | LE | SMA | | | | X | | X | | X | | | | | | | | | | | | | |
| 0,460 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,480 | LE | SA | X | | | | | X | | X | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,500 | LD | SMC | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,520 | LE | SMA | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,540 | LD | SMC | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,560 | LE | SMA | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,580 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,600 | LE | SMA | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,620 | LD | SMC | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,640 | LE | SMA | | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | |
| 0,660 | LD | SMC | | | | X | | X | | X | | | | | | | | | X | | | | |
| 0,680 | LE | SA | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,700 | LD | SA | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R – Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrução | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,480 | LE | SC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | |
| 1,500 | LD | SC | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

APÊNDICE C

Apêndice C - Patologias levantadas no subtrecho 03

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 1,500 | LD | SC | | | | x | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| 1,520 | LE | SC | | | | | | | | | x | | | | | | | | | x | | | |
| 1,540 | LD | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,560 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,580 | LD | SC | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,600 | LE | SMA | | | | x | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| 1,620 | LD | SMC | | | | | | | | x | | x | | | | | x | | | | | | |
| 1,640 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,660 | LD | SA | | | | | | | | x | | x | | | | | | | | | | | |
| 1,680 | LE | SA | | | | x | | | | x | | x | | | | | | | | | | | |
| 1,700 | LD | SA | | | | | | | | x | | x | | | | | | | | | | | |
| 1,720 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,740 | LD | SA | | | | | | | | x | | x | | | | | | | | | | | |
| 1,760 | LE | SA | | x | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,780 | LD | SC | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,800 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,820 | LD | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,840 | LE | SC | | | | x | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 1,860 | LD | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 1,880 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 1,900 | LD | SC | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,920 | LE | SC | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,940 | LD | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 1,960 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 1,980 | LD | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,000 | LE | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,020 | LD | SMA | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,040 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,060 | LD | SA | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,080 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,100 | LD | SA | X | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,120 | LE | SA | | | | X | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,140 | LD | SA | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,160 | LE | SA | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,180 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,200 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

APÊNDICE D

Apêndice D - Patologias levantadas no subtrecho 04

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 2,200 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,220 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,240 | LE | SMA | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,260 | LD | SMC | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,280 | LE | SMA | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,300 | LD | SA | X | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,320 | LE | SA | | | | X | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,340 | LD | SA | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,360 | LE | SC | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,380 | LD | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,400 | LE | SC | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,420 | LD | SC | X | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,440 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,460 | LD | SC | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,480 | LE | SC | | | | X | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 2,500 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,520 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,540 | LD | SA | | | | X | X | X | | | | | | | | X | | | | | | | |
| 2,560 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS |
| 2,580 | LD | SA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 2,600 | LE | SA | | | | | | X | | X | | | | | | | | | X | | | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)

APÊNDICE E

Apêndice E - Patologias levantadas no subtrecho 05

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | EX - Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 2,600 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,620 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,640 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,660 | LD | SA | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,680 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,700 | LD | SMC | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,720 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,740 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,760 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,780 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,800 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,820 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,840 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,860 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,880 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 2,900 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------------------|-----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|----|---|----|----|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - Consolidação Local | ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | Escorregamento | EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 2,920 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,940 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,960 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,980 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,000 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,020 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,040 | LE | SA | | X | | X | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,060 | LD | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,080 | LE | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,100 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,120 | LE | SMA | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,140 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,160 | LE | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,180 | LD | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,200 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,220 | LD | SC | | | | | X | | | | | | | | | X | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,240 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,260 | LD | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,280 | LE | SC | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,300 | LD | SC | | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,320 | LE | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Estaca ou km | Lado | Seção de Terraplenagem | Trincas Isoladas | | | | | Trincas Interligadas | | | | Afundamento | | | | Outros Defeitos | | | | R - Remendo | | | |
|--------------|------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | FI - Fissuras | TTC - Transversal Curta | TTL - Transversal Longa | TLC - Longitudinal Curta | TLL - Longitudinal Longa | TRR - Retração Térmica | FC2 - J - Jacaré | FC2 - TB - Bloco | FC3 - JE - Jacaré com erosão | FC3 - TBE - Bloco com erosão | ALP - Plástico Local | ATP - Plástico da Trilha | ALC - ALC - Consolidação Local | ATC - ATC - Consolidação da Trilha | O - Ondulação e/ou Corrugação | P - Painelas | Escorregamento | EX - EX - Exsudação | D - Desgaste | RS - Remendo Superficial | RP - Remendo Profundo |
| | | | FI | TCC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | RS | RP |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 3,760 | LE | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 3,780 | LD | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 3,800 | LE | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 3,820 | LD | SMA | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 3,840 | LE | SMC | | | | X | | | | | | | | | X | | | | X | | | | |
| 3,860 | LD | SMA | | | | X | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 3,880 | LE | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 3,900 | LD | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 3,920 | LE | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 3,940 | LD | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 3,960 | LE | SMC | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 3,980 | LD | SMA | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 4,000 | LE | SMA | | | | | X | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 4,020 | LD | SMC | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 4,040 | LE | SC | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | |
| 4,060 | LD | SC | | | | X | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 4,080 | LE | SC | | | | | | | X | | | | | | | X | | | | | X | | |
| 4,100 | LD | SC | | X | X | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | |

Fonte: Adaptado Azimute (2014)